VISIT…

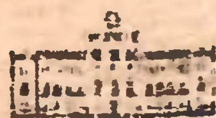
LANZAROTE
Caliente.COM

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ЛАТВИЙСКОЙ ССР

Латвийский ордена Трудового Красного Знамени государственный университет им. Петра Стучки



МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В БОТАНИКЕ



Рига 1971

Министерство высшего и среднего специального образования
Латвийской ССР
Латвийский ордена Трудового Красного Знамени
государственный университет имени Петра Стучки
Кафедра ботаники

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В БОТАНИКЕ

Ученые записки
Том 153

Уважаемому Николаю Евгеньевичу Булыгину – рецензенту этого сборничка – с благодарностью и по поручению авторов [illegible]
26·XII-71.

Рига 1971

Утверждено
на кафедре ботаники
Биологического факультета
ЛГУ им. П.Стучки

УДК 519.95:58

Моделирование и прогнозирование в ботанике

В сборнике излагаются результаты исследований коллектива кафедры ботаники Латвийского госуниверситета по проблеме математического моделирования и прогнозирования ботанических объектов. Эти исследования являются продолжением работ, результаты которых были опубликованы в сборнике "Моделирование в ботанике" (Рига, 1970). Предлагаемые читателю прогностические работы являются изложением докладов и сообщений, обсужденных на межреспубликанском семинаре по теории и методике прогнозирования биологических систем (октябрь 1970 г. и март 1971 г.). Отдельные статьи посвящены теоретическим и методологическим аспектам биологического прогнозирования, в других рассматриваются вопросы методики и ее приложения к моделированию и прогнозированию ботанических объектов.

Редакционная коллегия:
д-р биол.наук, проф. А.М.МАУРИНЬ (ответственный редактор),
канд.биол.наук И.Я.ЛИЕПА, канд.биол.наук М.А. АВЕНА.

А.М.Мауринь

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В БОТАНИКЕ

У научного изучения предметов две основных или конечных цели: предвидение и польза.
Д.И.Менделеев.

Ускоряющийся процесс дифференциации и интеграции системы научных знаний, наблюдаемый во второй половине XX века, порождает все новые разделы науки, формирующиеся в самостоятельные научные дисциплины. Среди этих новых научных дисциплин одно из ведущих мест начинает занимать прогностика. И.В.Бестужев-Лада (1970) определяет прогностику как науку о законах, методах и способах прогнозирования, а прогнозирование - как "систематическое исследование перспектив развития того или иного явления или процесса с помощью средств современной науки" (стр. 14). В более узком смысле прогнозирование понимается как процесс производства прогноза. По мнению ряда авторов (Покровский, 1968; Ямпольский, Хилюк, Лисичкин, 1969 и др.) прогноз - это научно-обоснованное представление о будущих (во времени) тенденциях или изменениях. Однако такое представление не выявляет различий между понятием "прогноз" и "научное предвидение". Многие авторы употребляют эти понятия, по-существу, как синонимы (Феденев , 1968; Добров, 1970 и др.).

В исследованиях по определению эффекта воздействия того или иного фактора на биоценоз, проводимых на нашей кафедре, возникла необходимость ответить на вопрос: какое было бы состояние биоценоза, если бы такой фактор на него не воздействовал (Лиепа, 1969 , 1970, а также статья Балтаце в этом сборнике). Ответ на этот вопрос представляет собой прогноз, но этот прогноз , по отношению ко времени его про-

изводства, не направлен в будущее: через прошлое мы прогнозируем настоящее. Как показал Б.Н.Тардов (1969а), могут быть и такие прогнозы (например, параметрические), где роль " будущего" выполняет не обязательно время. Предвидение же всегда направлено в будущее, по отношению к тому времени, когда оно формулируется высказывается), т.е. "предвидение есть п о з н а н и е б у д у щ е г о "(Никитина, 1971).

Бурное развитие прогностических исследований, "бум прогнозов", разразившийся в экономике, в сферах военно-политической и научно-технического прогресса, еще очень мало проявляется в ботанике, да и вообще в биологии. Однако, как известно, сама проблема прогнозирования в биологии, особенно в прикладной биологии, не нова. Но до последнего времени прогнозирование здесь развивалось в основном лишь эмпирически-индуктивным путем, что, естественно, не могло вызвать бурного развития этой отрасли. Аксиоматически-дедуктивный подход в биологическом прогнозировании, позволяющей использовать достижения общей прогностики, не получил еще должного распространения.

Одной из причин, задерживающей развитие биологического прогнозирования, препятствующей применению здесь достижений общей прогностики, является крайне недостаточная разработка ряда общеметодологических вопросов. Первый из этих вопросов: можно ли вообще прогнозировать биологические системы и, если да, то все ли и в какой степени ?

В.В.Налимов (1971) утверждает невозможность прогнозирования плохо организованных систем с генератором случая, куда отнесены им и биологические системы. Крупнейший американский зоолог-эволюционист Э.Майр (1970), рассматривая проблему причины и следствия в биологии, приходит к выводу о том, что "причинность в биологических системах не дает возможности предсказывать или в лучшем случае позволяет делать предсказания статистического характера" (стр. 57). Причем последнюю уступку он не распространяет

на эволюционный процесс, направления которого он считает непредсказуемыми, а причиной непредсказуемости направлений эволюции - реализуемый ею случайный поиск.

При такой постановке вопроса возможность предвидения вольно или невольно связывается с наличием жесткого детерминизма, где законы природы с необходимостью однозначно определяют, что должно и чего не должно быть. И в противовес жестко детерминированным явлениям предполагаются явления случайные, поставляемые "генератором случая", принципиально непредвидимые . .

Благодаря усилиям многочисленных исследователей XX века все четче вырисовываются контуры мира вероятностных явлений, где абсолютная необходимость уступает место вероятности (не абсолютной случайности!). Это научная картина мира, где, как отмечает Л.Б.Баженов (1971), законы-дозволения уступают место законам-запретам и все, что не запрещено этими законами, может происходить " и действительно происходит с разными степенями вероятности" (стр. 99).

Биологические системы по своему характеру являются вероятностными. Их прогнозирование в общем виде сводится к выявлению запретов, налагаемых законами природы, и определению наиболее вероятных возможностей развития.

Как бы плохо ни была организована система, но уже наличие самой организации, каких-то пространственно-временных связей в системе налагает определенные ограничения на проявление свободы ее компонентов. Новые свойства формирующейся системы, по-видимому, образуются (в силу закона сохранения) за счет потери (полной или частичной) определенного числа степеней свободы компонентов, слагающих эту систему. Таким образом, будущие возможности системы в значительной мере задаются ее структурой и чем сложнее система, тем, очевидно, в большей степени.

А ведь биологические системы не так уж плохо организованы, даже низкоорганизменные системы. Так, поясняя мысль

о развитии органического мира как целого, М.М.Камшилов (1970) пишет:" Организмы разных видов связаны между собой не только внешней связью, которая обычно довольно быстро подмечается, например, пищевая связь. Они связаны, во-первых, единством происхождения и, следовательно, единством жизненного субстрата. Во-вторых, они связаны единством эволюционного процесса как части эволюцирующей макросистемы, постоянно обменивающиеся информацией" (стр.91).

Анализируя вопрос о том, зависит ли эволюция органического мира от случайного поиска, К.Уоддингтон (1970) убедительно показывает, что при категорически-утвердительном ответе на этот вопрос смешиваются различные порядки сложности (уровни организации). Он пишет, что случайны лишь первичные изменения на генно-молекулярном уровне. А от этих изменений до изменения признака - весьма длинная и сложная дистанция. Но, как показывают новейшие исследования, даже на генно-молекулярном уровне далеко не все решают случайные и независимые от остальных структур "ошибки репликации" и "ошибки включения". В этой связи стоит вспомнить открытие Р.Сетлоу (Setlow , 1964), которым были обнаружены ферменты, узнающие неверные основания в ДНК и устраняющие их.

Очевидно в любых биологических системах на всех уровнях организации возможно выявить наиболее вероятные возможности их развития при тех или других тенденциях изменения условий существования. Даже сравнительно несложные биометрические исследования уже выявляют определенные статистические закономерности изучаемой биологической системы. "При работах по прогнозированию,- пишет Б.Н.Тардов (1969б), - в основе исследования лежит необходимость установления статистических закономерностей и ликвидация (снятие) их путем максимального превращения этих закономерностей из статистических во все более и более точные динамические закономерности" (стр.177).

Что же касается возможной проблематики прогнозирования в ботанике, то она весьма обширна - от прогнозирования ожидаемого состояния фитоценоза до предвидения будущего самой ботаники. Одной из важнейших проблем является разработка теории и методики прогнозирования динамики структуры и продуктивности фитомассы биоценозов, что является непременной биолого-теоретической предпосылкой создания единой эффективной автоматизированной системы управления в сельском и лесном хозяйстве.

Не менее важной проблемой является разработка объективного прогноза эффекта влияния факторов техносферы на динамику фитомассы биоценозов. Необходимо трезво оценить, каковы будут не только положительные результаты того или иного хозяйственного мероприятия, но и отрицательное влияние его на природные ресурсы. "Исследование проблем будущего,- пишет один из виднейших прогнозистов современности Роберт Юнгк (1971), - ставящее своей целью служение человечеству, должно иметь в виду нужды не только тех, кто живет сейчас, но и нужды будущих поколений" (стр.17).

Значительный теоретический интерес и народно-хозяйственное значение представляет проблема прогноза успешности интродукции того или иного вида полезных растений. Хотя и имеется ряд подходов к выбору исходного материала вводимого в новый район вида, однако разработка теории и методики комплексного прогнозирования успешности интродукции привлекаемого вида - это задача будущего.

К проблеме прогнозирования успешности интродукции новых полезных видов растений примыкает проблема прогноза устойчивости искусственно создаваемых (культурных) биоценозов по заданным их компонентам и наличным условиям среды. Малокомпонентные культурные фитоценозы, как правило, являются неустойчивыми и без постоянной поддержки человека не могут противостоять экспансии естественных фитоценозов. Однако ряд наблюдений показывает, что при каком-то минимуме числа определенных компонентов искусственно созданные фи-

тоценозы становятся устойчивыми в данных условиях среды, становятся конкурентноспособными.

Совершенно неразработанной является проблема прогноза филогенетических возможностей соответствующего ботанического таксона. Разработка этой проблемы помогла бы решить не только ряд спорных теоретических вопросов, но и имела бы несомненное практическое значение для селекции и агротехники растений.

Здесь упомянуты лишь те проблемы ботанического прогнозирования, которые в какой-то мере находятся в сфере научных интересов коллектива ботаников Латвийского государственного университета. Несомненно круг этих проблем значительно шире.

Литература

I. Баженов Л.Б. Причинность и законы сохранения. "Вопросы философии", 4; 1971.
2. Бестужев-Лада И.В. Окно в будущее. Современные проблемы социального прогнозирования. М., 1970.
3. Добров Г.М. Наука о науке. Введение в общее науковедение. 2-е изд. Киев, 1970.
4. Камшилов М.М. Биотический круговорот. М., 1970.
5. Лиепа И.Я. Прогноз дополнительного древесного прироста лесных биоценозов в результате лесохозяйственного воздействия. "Вопросы научного прогнозирования", II, М., 1969.
6. Лиепа И. К оценке эффекта воздействия на лесной биоценоз. В сб. "Моделирование в ботанике". Рига, 1970.
7. Майр Э. Причина и следствие в биологии. В сб. "На пути к теоретической биологии. I. Пролигомены". М., 1970.
8. Налимов В.В. Теория эксперимента. М., 1971.
9. Никитина А.Г. Логические условия истинности научного предвидения. "Вопросы философии", 4, 1971.

10. Покровский А.И. Прогноз - программа - план. Исходные методологические проблемы. "Вопросы научного прогнозирования", 5. М., 1968.

11. Тардов Б.Н. Прогнозирование в больших информационных системах. "Вопросы научного прогнозирования", 8. М., 1969а.

12. Тардов Б.Н. Статистический эксперимент и межсистемный метод прогнозирования с обратной связью. В сб. "Экономика и организация науки. Материалы конференции". М., 1969б.

13. Уоддингтон К.Х. Зависит ли эволюция от случайного поиска? В сб. "На пути к теоретической биологии. I. Пролигомены". М., 1970.

14. Феденев Г.С. О понятиях и сроках прогнозирования технического прогресса и оценки уровня технического решения. "Вопросы научного прогнозирования", 5. М., 1968.

15. Юнгк Р. Будущее уже началось. - Курьер ЮНЕСКО, апрель, 1971.

16. Якпольский С.М., Хилюк Ф.М., Лисичкин В.А. Проблемы научно-технического прогнозирования. М., 1969.

17. Setlow R.B. Physical changes and Mutagenesis. - Journal of Cellular and Compar Physiology, 64, N 2, Part 2.

А.М.Мауринь, Б.Н.Тардов

ОБ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЯХ НАУЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИИ В БИОЛОГИИ

Бурное развитие прогностики, характерное для последних десяти-пятнадцати лет, открывает широкие возможности для аксиоматически-дедуктивного подхода в прогнозировании биологических систем. Этот подход предусматривает применение в прогнозировании биологических явлений категорий, видов, методов, способов и систем научного предвидения и прогнозирования, разработанных философами, социологами, экономистами, представителями инженерно-технических и других наук. Другими словами, этот подход означает применение в частной области прогнозирования общей теории и методологии прогностики.

Однако биологические системы, в частности ботанические объекты, отличаются целым рядом существенных особенностей, которые необходимо учитывать при применении аксиоматически-дедуктивного подхода (Мауринь, 1971). В этой связи определенный интерес представляет рассмотрение современных категорий, видов, методов, способов и систем научного прогнозирования в аспекте их приложения к биологическим системам.

Поскольку основные понятия прогностики более подробно рассмотрены уже в других публикациях (Тардов, 1968, 1969а), мы здесь ограничимся краткими пояснениями к общей схеме соотношения между упомянутыми понятиями.

На схеме (рис.I) дано соотношение между понятиями: категория, вид, метод, способы и системы предвидения и прогнозирования.

Шесть окружностей, представленных на схеме,

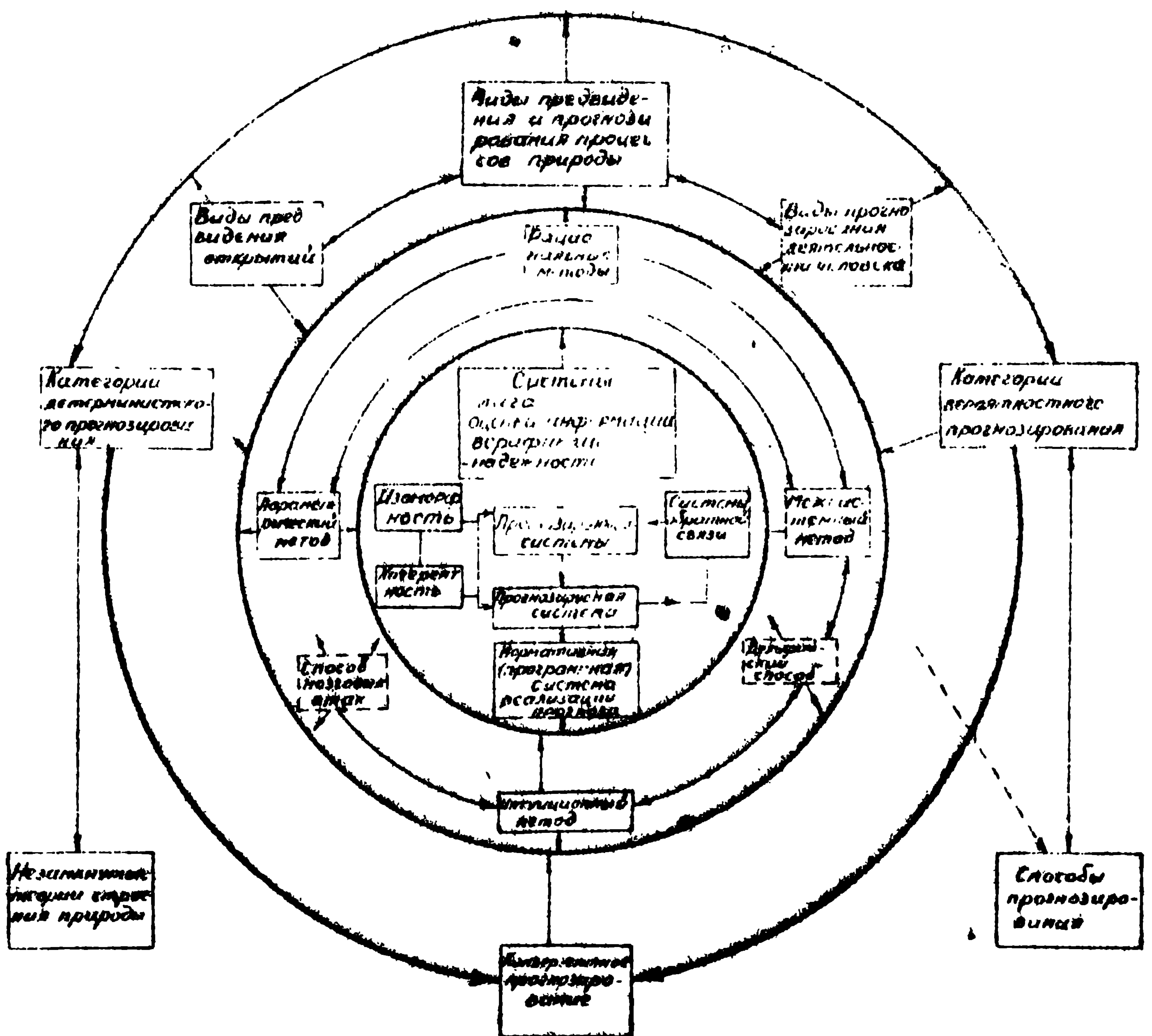


Рис. 1 Категории, виды, методы, способы и системы предвидения и прогнозирования

-

соответствуют:

Первая (внешняя) - категориям прогнозирования: вероятностной, детерминистской и конвергентной.

Вторая (верхняя полуокружность) - видам прогнозирования:

- виды предвидения открытий: предсказание предоткрытия- предоткрытие-открытие;
- виды предвидения и прогнозирования развития природы

  в системе космос-земля,
  прогнозирование вулканизма, климата, погоды, процессов в океане, электромагнитных процессов в земных сферах (в т.ч. в атмосфере), гидрологические прогнозы, прогнозы развития биологических систем, формирования ископаемых, ресурсов природы, филогенетическое, мышления человека и т.д.;
- виды прогнозирования деятельности человека:

  научно-техническое прогнозирование, прогнозирование научно-исследовательских, опытно-конструкторских и экспериментальных работ, военно-инженерное, демографическое, экономическое, международных отношений (договорно-правовое), криминалистическое, военное, политическое и т.д.

Третья - связывает категории и виды прогнозирования с его методами - рациональными и интуитивными (в т.ч. способы дельфийский и мозговых атак).

Четвертая (полуокружность вверху) объединяет рациональные методы прогнозирования:

- межсистемный (в т.ч. дельфийский способ в его рациональной части),
- параметрический метод (временной и вневременной).

Пятая (полуокружность вверху) показывает взаимодействие межсистемного и параметрического методов прогнозирования в тех случаях, когда прогноз идет по параметрам и по времени.

Шестая окружность связывает методы прогнозирования с системами прогнозирований:

- прогнозирующей
- прогнозируемой
- системой обратной связи
- нормативной (программной), системой реализации прогноза (план внедрения результатов прогнозирования)
- вспомогательными:

  лагов; оценки информации, верификации и надежности прогнозов; изоморфности и когерентности прогнозируемой и прогнозирующей систем.

Межсистемный метод прогнозирования (работающий только с обратной связью) использует следующие способы прогнозирования (т.н. математические способы относятся к аппарату-инструменту прогнозирования):

Традиционные:

- экстраполяционный (в т.ч. модельный)
- огибающих кривых
- интерполяционный
- аналоговый
- дельфийский (в рациональной части)
- циклический (А.Чижевского)
- описательный
- оценка значимости изобретений по методу эрудитов (В.Гмошинского)
- "воспоминаний о будущем"
- романов предупреждений

Новые;

- синоптический анализ патентных и инженерно-экономических показателей
- статистический эксперимент
- темпы научно-технического прогресса по динамике: патентования (с качественно-количественным анализом), общей информации стандартов
- единица нового инженерно-научного знания
- уровень мировой техники
- оценка инженерно-экономический важности изобретений факторным анализом
- взаимосвязей разделов техники (по патентам, стандартам)
- по указателю Гарфильда
- темпы темпов роста и прироста (условно "четырех производных")
- отрицательные последствия прогресса
- логический полииерархический классификатор понятий
- прогноз лагов прогнозирования
- будущее науки (в частности,ботаники) и техники, наука (в частности,ботаника) и техника будущего
- научная фантастика (в ограничительных условиях)
- прогнозы типа "кентавра" и "русалки"

Так называемый нормативный (или программный) метод прогнозирования, относимый австрийским футурологом Э.Янчем (1970) к методам прогнозирования, не является методом прогнозирования и , в лучшем для него случае, может быть отнесен лишь к способам научно-обоснованного планирования. Сюда относятся, в частности, способы: ПАТТЕРН,ФЭЙМ, КУЕСТ, СКАЙР, ФОРКАСТ,ХИНДСАЙТ, СКОР, ПЕРТ и т.д. В прогнозировании этот способ может быть использован при составлении плана реализации состыкованного прогноза.

Следует различать понятия "план" и "прогноз". План - это интегральная совокупность взаимосвязанных во времени и пространстве мероприятий, которые нужно реализовать для достижения общей программной цели, поставленной перед данной функционирующей системой, с предвосхищающим учетом отрицательных (побочных) последствий реализации плана мероприятий (сформулированных в порядке указаний, заданий или по данным всестороннего анализа прогноза). План, мероприятия которого сформулированы по данным анализа межсистемного прогноза и при этом учитываются отрицательные последствия внедрения мероприятий, является научно-обоснованным.

В биологии могут быть применены все три уже упомянутые категории прогнозирования, однако преобладающее значение имеет вероятностная категория. В будущем следует ожидать большего развития конвергентного подхода.

Что же касается видов прогнозирования, то в биологии (в частности, ботанике) могут иметь место как виды предвидения новых открытий, виды прогнозирования развития биологических систем (популяций, биоценозов, биосферы), онтогенетического и филогенетического развития, результатов гибридизации и т.п., так и виды прогнозирования деятельности человека (предсказание результатов влияния рекреационной деятельности тех или других агентов техносферы и мероприятий по преобразованию природы на биоценоз и на биосферу в целом, биологических изменений самого человека в результате дальнейшей урбанизации и т.д.).

В биологическом прогнозировании могут быть применены как рациональные, так и интуитивные методы. В частности, в статьях И.Лиепа с соавторами, публикуемых в этом сборнике, демонстрируется успешное применение параметрического метода.

Наиболее перспективным в биологии и , в частности, в ботанике является межсистемный метод. Межсистемный метод был применен нами при прогнозе семеношения хвойных

интродуцентов (Мауринь, Лиепа, Дрике,1970). В качестве прогнозирующей системы в этом случае была принята система условий погоды, а в качестве прогнозируемой - репродуктивная система растения. При составлении прогноза семеношения для определенной группы маточников (тсуги канадской в дендрарии "Тимуки" и ели сербской в дендрарии "Граши") возможно не только теоретическое пределение надежности прогноза, но и его практическая верификация (сопоставление действительного наличного количества и качества урожая семян с прогнозированным).

Нельзя согласиться с существующей точкой зрения,что в мире имеется несколько сот методов прогнозирования (Янч, 1970). В действительности, это не самостоятельные методы, а методики, каждая из которых реализует часть метода и поэтому мы оставляем за ними название способов. Метод - это эмерджентная сумма приемов мышления и форм познания, которая указывает пути раскрытия существа изучаемого объекта и целенаправленного преобразования его. Тактикой метода : 1) уясняются и используются многомерные взаимосвязи; 2) выполняются эксперименты с предварительно осознанной целью и дающие возможность познать статистические и иные связи для вскрытия структурных и функциональных закономерностей объекта, исходя из факта незамкнутости предшествующих теорией; 3) производится разработка и реализация способов определения предстоящих трендов развития объекта. Метод подчиняется целям исследования - как его политике.

При разработке биологических систем можно пользоваться как традиционными, так и новыми способами прогнозирования. Из традиционных наибольшее распространение получил экстраполяционный способ. Им пользуются при прогнозе ожидаемого прироста биомассы, распространения вредителей и болезней, зарастания озер,изменения тех или других характеристик биологического объекта. Разработаны

различные математические формулы экстраполяции. Однако, применение этого способа ограничивается общим законом диалектики - законом отрицания отрицаний (Мауринь, 1971). С переходом прогнозируемой системы в другое качественное состояние, с достижением критического уровня, с существенным изменением условий функционирования этой системы достоверность прогноза, полученного экстраполяционным способом, резко снизится, вплоть до абсурда. Поэтому, применяя экстраполяционный способ для прогнозирования биологических систем, надо выявить ограничения для данного класса прогнозируемых систем.

Интерполяционный способ менее известен в биологическом прогнозировании. Этим способом пользуются в тех случаях, когда известен конечный результат развития прогнозируемой системы (например, эквифинальность онтогенеза), а также при "обратном прогнозировании" - для предположительного выяснения звеньев, выпавших в прошлом (например, филогенетического ряда).

Аналоговым способом прогнозирования в биологии пользуются давно (метод "климатических аналогов" Г.Майра в интродукции древесных растений, прогноз успешности введения новых сельскохозяйственных культур по сумме "эффективной" или "активной" температуры и др.). Некоторой разновидностью аналогового способа является использование феноиндикаторов в фенологическом прогнозировании (Булыгин, Довгулевич, 1970).

В основном, дельфийским способом получены прогнозы ожидаемых открытий и достижений в биологии, широко известные в литературе (Бестужев-Лада, 1970). По-видимому, при разработке глобальных прогнозов комплексных биологических явлений в той или другой мере придется пользоваться и дельфийским способом.

Циклический способ прогнозирования был разработан А.Чижевским (1931 и др.) на биологических объектах. Им

было показано, что цикличность солнечной активности вызывает циклические изменения в биосфере Земли. Он установил определенную связь между циклическими изменениями солнечной активности и динамикой таких биологических явлений как эпидемии, миграция животных, эпизоотии и др. Циклически-экстраполяционный способ использовал А.Б.Левшуков для долгосрочного прогнозирования урожаев сельскохозяйственных культур.

Что же касается новых способов прогнозирования, то большинство из них в биологии еще не опробованы. Но и имеющийся уже небольшой опыт свидетельствует о плодотворности творческих поисков в этом направлении. Так, А.С.Подольский (1967) успешно применил синоптический анализ экологических условий в фенологическом прогнозировании сельскохозяйственных растений и предвидении сроков развития вредителей, вирусных и грибковых заболеваний.

Развитие кибернетики и электронно-вычислительной техники открывает большие возможности для применения статистического эксперимента (Тардов,1969б) в биологическом прогнозировании. Например, ботаническими и растениеводческими учреждениями накоплен солидный массив фенологических данных за длительный период времени. С другой стороны, гидрометеорологическими пунктами, расположенными там же, за соответствующий период собраны результаты наблюдений за температурой воздуха и почвы, осадками,дефицитом влажности воздуха и других факторов, существенно влияющих на растения. Используя эти массивы информации в статистическом эксперименте, "проигрывая" этот эксперимент на ЭВМ, можно разработать математические модели прогноза поведения тех или других видов растений в соответствующих климатических и погодных условиях.

Статистический эксперимент успешно может быть применен и для прогноза будущего науки, в частности ботаники. Однако для этого необходимо, во-первых, установить единицу нового ботанического знания. До некоторой степе-

ни здесь можно воспользоваться аналогией с понятием "единица нового инженерно-научного знания", которое один из авторов этой статьи (Тардов, 1968) определил как материально-документальное выражение и объем новых, до того неизвестных знаний, а также сформулировал условия, которым должно удовлетворять это понятие.

Во-вторых, для прогнозирования будущего ботаники или какого-либо из ее разделов необходимо разработать логический полииерархический классификатор понятий этой науки. Для разработки методики составления такого классификатора можно воспользоваться принципами, положенными в основу уже разработанных классификаторов понятий ряда других наук. Наибольший интерес в этом отношении представляет классификатор медико-биологических понятий (Тардов, Сапожников, Козырева, 1969).

Прогноз лагов (сдвигов во времени) прогнозирования в ботанике, да и вообще в биологии, представляет собой исключительное значение. Однако эта задача тесно связана с проблемой биологического времени, во многом еще неясной. Как отмечает В.Сехляну (1969), каждый уровень организации биологических систем "имеет определенную длительность отсчета" от миллисекунд для неврона до месяца для биоценоза, "Другие "порядки величины" единиц времени необходимы для описания функциональных и эволюционных процессов. Что касается последних, то здесь речь идет о годах для онтогенеза человека, столетиях для биоценозов, миллионах лет для видов" (стр. 299).

Лаги прогнозирования применительно к различным отраслям техники в среднем по миру равны 22 годам (от идеи до её коммерческого применения - нововведения). Для отдельного вида техники (аналогично и знаний) лаг прогнозирования определяется в следующем порядке :

I. Определяют системы: прогнозирующая - например, патенты (с датой по заявке) или статьи (рефераты);

-

прогнозируемая - новая техника.

2. Определяют для обоих систем два такие конкурирующие направления, для которых процесс конкурирования уже завершается победой одного из них. Например: в черной металлургии - мартены и конвертеры (и для них патенты и выплавка), в угольном комбайностроении - комбайны с широким захватом и комбайны с узким захватом, в производстве бумаги - бумага на основе целлюлозы и бумага на основе синтетических волокон, в топливе - бензин и керосин и т.д.;

3. Строят ряды динамики патентования для обоих конкурирующих групп - в процентах от общей суммы патентов и особо отмечают тот год, где оба ряда пересекаются (что соответствует 50 %);

4. Строят ряды динамики производства (выплавка стали, например, или число комбайнов) для тех же конкурирующих групп - в процентах от общей суммы выбранного показателя производства и особо отмечают год соответствующий 50%-ой величине производства (пересечение кривых);

5. Определяют лаг прогнозирования как разницу по годам между точками пересечения двух пар кривых, соответственно по пп.3 и 4;

6. Средний лаг из нескольких примеров для данной отрасли распространяют на всю отрасль.

Следует заметить, что <u>определять лаги по динамике заявок нельзя</u> - пересечение двух соответствующих кривых происходит даже позже чем пересечение кривых, построенных по динамике статей (или их рефератов, например), это объясняется заметным удельным весом отклоненных (в первую очередь по причине неновизны) заявок в общем их числе. Лаги, если за исходную (прогнозирующую) информацию брать изобретения, следует вычислять исходя из динамики уровней рядов патентования - по датам заявок на изобретения (т.е. тех заявок, которые потом будут определены как отображающие действительные изобретения).

Каждая из пар кривых по общему виду их рисунков на-

поминает "ножницы". Однако соответственные линии, формирующие ножницы, не являются (как закон) эквидистантными и на одинаковых процентных уровнях соответствующие им темпы прироста (наклон кривых по годам) различны. Величина тангенса угла, образуемого соответственными регрессионными линиями уровней рядов динамики рассматриваемых показателей двух систем (прогнозирующей и прогнозируемой), характеризует толерантность системы, если тангенс положительный; если же величина тангенса отрицательная, то система менее толерантна и консервативна - более прогрессивна. Не исключительно, что с течением времени толерантность системы меняется - вероятно растет. Наличие определенной величины толерантности без формулирования граничных условий не дает однозначной величины лага. Лаги прогнозирования будут большие для начала периода появления новой конкурирующей системы, чем для средины (50%) и тем более для конца. Поэтому лаг производственного прогноза предлагается относить к пятидесятипроцентному соотношению конкурирующих систем, то есть к тем моментам, когда ясно, что одна система гибнет, а другая уже побеждает.

В аналогичном порядке (в методологическом плане) устанавливаются лаги и для тех отраслей знаний, в которых могут быть найдены конкурирующие решения, например, в прикладных областях биологии (где выдаются и патенты). Значительно сложнее обстоит дело в теоретической биологии. Здесь зачастую, как справедливо подметил И.В.Гёте(1957), между двумя противоположными (конкурирующими) мнениями лежит не истина, а проблема.

В разделе прогностики, относящемся к биологическим системам, много еще неясного как в концептуальной, понятийной и терминологической, так и в методической части. Однако усиленное развитие этого раздела необходимо как для формирования общей прогностики, так и для биологии, поскольку прогнозирование является важнейшей функцией любой науки.

Литература

1. Бестужев-Лада И.В. Окно в будущее. "Современные проблемы социального прогнозирования", М., 1970.
2. Булыгин Н.Е., Довгулевич З.Н. О возможности прогноза периодов созревания плодов и семян древесных растений по феноиндикаторам с применением корреляционных уравнений. В сб. " Проблема фенологического прогнозирования. Тезисы" Л., 1970.
3. Гёте И.В. Избранные сочинения по естествознанию. М., 1957.
4. Мауринь А.М. Особенности прогнозирования биологических систем. В сб. "Методологические и математические вопросы научного прогнозирования", М., 1971.
5. Мауринь А., Лиепа И., Дрике А. Математическая модель для прогнозирования семеношения тсуги канадской и ели сербской. В сб. "Моделирование в ботанике", Рига, 1970.
6. Подольский А.С. Новое в фенологическом прогнозировании. М., 1967
7. Сэхляну В. Химия, физика и математика жизни. Бухарест, 1969.
8. Тардов В.И. Методология прогнозирования темпов научно-технического прогресса. Вопросы научного прогнозирования, 5. М., 1968.
9. Тардов В.И. Методика прогнозирования научно-технического прогресса (концепция и технология). Вопросы научного прогнозирования, II, М., 1969а.
10. Тардов В.И. Статистический эксперимент и межсистемный метод прогнозирования с обратной связью. В сб. "Экономика и организация науки", М., 1969б.

II. Тардов Б.Н., Сапожников А.П., Козырева А.Л. Трехступенчатый классификатор понятий по медико-биологическим наукам. "Вопросы научного прогнозирования", 6. М., 1969.

I2. Чижевский А.Л. Эпидемические катастрофы и периодическая деятельность солнца. М., 1931.

I3. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса, М., 1970.

-

Б.Н.Тардов

ПРОЦЕСС ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКРЫТИЙ

Процесс прогнозирования открытий обычно происходит по двум параллельно работающим цепочкам:

I. Интуитивное предположение - математическое вычисление - экспериментальное наблюдение.

2. Предсказание предоткрытия - предоткрытие (предвидение открытия) - открытие.

Ниже дается определение понятия интуиции в таком его виде, которое соответствует применению её (интуиции) в технологическом процессе прогнозирования открытий.

ИНТУИЦИЯ - одна из способностей человека познавать и предвидеть ход развития того или иного процесса:

- проходящая:
  1) (вне времени, связанного с обычным мышлением) в мозгу человека, работающем в одно и то же время по всем направлениям,
  2) при одноразовом схватывании целостного процесса (конца его, а затем начала) - являющегося ступенью открытия, ведущей к большим обобщениям,
  3) при сопутствующем непонимании того, что открыто в этом процессе,
  4) на фоне вспышки мысли ассоциирующей два (или более) далеких факта - как результат самонаблюдения, дающий возможность видеть общее в частном,
  5) как игновенный синтез разрозненных частей - в результате умения слушать свои мысли;
- стимулируемая:
  1) понимаем, что её выводы могут (и даже должны) вступать в "противоречия" с тривиальной логикой, объявляющей происходящее путанной - нелогичной мыслью,

2) умением расширять "щель в нашем сознании", ведущую в глубины подсознательных процессов, иначе щель захлопнется и мы пройдем мимо своего открытия,
3) умением охранять её продукт от критики (и не давать его ей);

- характеризующаяся тем, что:
I) создатель интуитивного предвидения не может доказать или показать методами обычной логики того, что он открыл,
2) она является преддверием великого открытия - взглядом в будущее (сжимающим в себе прошлое и настоящее) и

находящаяся в следующей цепочке:

инстинкт - рефлексы- формальная логика - диалектическая логика - интуиция - творческая активность.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТКРЫТИЙ возможно в том случае, когда расчеты дают право утверждать, что такой-то объект существует, но его еще никто реально не видел, не исследовал; такой прогноз открытия нацеливает исследователя на поиски прогнозируемого объекта и через некоторое время этот объект действительно будет открыт.

Под предоткрытием будем понимать сообщение об установлении (высокодостоверном) существования явления, которое непосредственно еще не было наблюдено. Понятие "предоткрытие" будем считать равным понятию "предсказание открытия".

Дадим примеры предсказаний (предвидения) предоткрытий и примеры предоткрытий и открытий. Цепочка событий такая предсказание (предвидение) предоткрытия - предоткрытие (предсказание - или предвидение открытия, иногда гипотеза) - открытие.

Мы считаем, что прогнозирование открытий возможно. Приведем некоторые примеры в качестве иллюстрации.

I. В 1781 г. была открыта планета Уран; после изучения её

орбиты было предсказано (предоткрыто) наличие за ним еще одной планеты. 23.IX.1846 г. эта планета названная Нептуном была открыта (наблюдена уже фактически).
2. В 1877 г. было объявлено о предоткрытии уже следующей планеты - Плутона. Эту планету искали на небе 25 лет и только 23 января 1930 г. её открыли фактически.
3. В 1871 г. Д.И.Менделеев предвидел (предоткрыл) существование следующих элементов:

- эка-алюминий, известный как галий
- эка-бор, известный как скандий
- эка-силиций, известный как германий

Позднее эти элементы были открыты и фактически:

- галий в 1875 г. Лекок де Буабодраном (Франция)
- скандий в 1879 г.Нильсоном (Упсала, Швеция)
- германий в 1886 г. Виклером (Фрейберг, Германия).

4. Некоторое время тому назад советский физик С.С.Гамбург высказал предположение (предсказание предоткрытия) о наличии у Юпитера еще нескольких не открытых спутников. Затем ученые Сиднейской радиофизической обсерватории, обнаружив аномалии в радиоизлучении Юпитера, пришли к выводу (сделали предоткрытие, то есть предсказание открытия) о существовании у Юпитера еще одного спутника. Дело осталось за фактическим открытием.
5. Некоторые данные дают возможность сделать предсказание о предстоящем предоткрытии (здесь нет игры слов!), а затем и фактическом открытии еще двух (десятой - вернее говоря первой и одиннадцатой) планет:

- Перуна (между солнцем и Меркурием - первая планета)
- Экаплутона (далее планеты Плутон - одиннадцатая планета).

6. Вероятно, можно считать, что предсказание предоткрытия о существовании еще трех гравитационных центров (типа Луны) на орбитах вокруг Земли является уже совершившимся

фактом, равно, как и наличие около десятка естественных спутников (с поперечником до 30 м).
7. В 1935 г. физик Хидеки Юкава (Япония) предоткрыл существование частицы, масса которой является промежуточной между массами протона и электрона. И через 12 лет - в 1947 г. Пауэлл открыл такую частицу уже фактически - эта частица называется пион (пи-мезон), является носителем ядерных сил и видимо включает в себя кварк и антикварк.
8. В 1903 г. К.А.Тимирязев высказал предположение о влиянии длины дня на развитие растений (прогноз предоткрытия). В 1912 г. И.Турнуа в этом направлении сделал первые экспериментальные исследования(предоткрытие фотопериодизма). В 1920 г. американские ученые В.Гарнер и Х.Аллард открыли явление фотопериодизма.
9. В 1927 г. биолог Кольцов Н.К., основываясь на теоретических предположениях, высказал мысль (прогноз предоткрытия) о матричном биосинтезе белка, так как возникновение сложных белковых молекул путем обычных реакций маловероятно. В 1940 г. Т.Касперсон теоретически показал, что матрицей биосинтеза белка служат нуклеиновые кислоты (сделал предоткрытие). В 1961 г. американские биохимики Ниренберг и Маттеи не только экспериментально подтвердили эту гипотезу, но выяснили, каким триплетам азотистых оснований нуклеоновых кислот соответствуют те или иные аминокислоты.
10. В 1953 г. было предсказано (предоткрыто) спиральное устройство молекулы ДНК (носителя наследственной информации), а в 1969 г. физик Гриффит (США - Калифорнийский технологический институт) сфотографировал эту молекулу, при увеличении свыше семи миллионов раз, на фотографии хорошо видна спиральная структура этой молекулы.
11. В критические моменты жизни человека - при кислородном голодании, при потере крови, например, усиливается выработка эритроцитов-одного из форменных элементов крови, носителя кислорода; усиление выработки эритроцитов

обеспечивается своеобразными катализаторами - стимуляторами, известными под названием эритропоэтинов, массовая выработка которых при необходимой с туации производится почками. Эритропоэтины существуют, но в чистом виде они еще не выделены. Предоткрытие (факт действия) не перешло еще в открытие (фактическое наблюдение). К числу других форменных элементов крови относятся еще лейкоциты и тромбоциты. Так вот по аналогии с существованием эритропоэтинов было сделано предсказание о существовании и лейкопоэтинов и тромбоцитопоэтинов. Что касается лейкопоэтинов, то их предсказание переходит уже в стадию предоткрытия, однако с тромбоцитопоэтинами дело дальше предсказания предоткрытия еще не продвинулось. Но можно думать, что настанет время, когда вся группа гемопоэтинов будет не просто предсказана (как тромбоцитопоэтины) или предоткрыта (как в известной степени лейкопоэтин или в большей - эритропоэтин), но и открыта (выделена в чистом виде - извлечена).

Таковы примеры предвидения предоткрытий и открытий и общая схема технологического процесса их осуществления. Примеры сведены в табл.I, а схема представлена на рис.I.

Таблица I.

Прогнозирование открытий

№ п/п	Название объекта	Кто и когда установил		
		Интуитивное предположение	Математическое вычисление	Экспериментальное наблюдение
		Предсказание предоткрытия	Предоткрытие (предвидение открытия)	Открытие
I	2	3	4	5
	Открытия в биологии			
I.	Фотопериодизм растений	К.А.Тимирязев, 1903	И.Турнуа, 1912	В.Гарнер и Х.А.Аллард, 1920

(Продолжение таблицы)

I	2	3	4	5
2. Ауксины		Ч.Дарвин, I880	-	Вент и Холодный, I928
3. Роль естественных факторов в видообразовании растений		Теофраст, III в.до н.э.	Ж.Ламарк, I809 П.Ф.Горянинов, I827	Ч.Дарвин, I859
4. Индуцированный иммунитет		Ибн-Сина, XI в.	Э.Дженнер, I796	Л.Пастер, I88I
5. Матричный биосинтез белка		Н.К.Кольцов, I927	Т.Касперсон, I940	Ниренберг и Маттеи, I96I
6. Спиральность ДНК			Уотсон и Крик, I953	Гриффит, I969
7. Эритропоэтины(катализаторы эритроцитов)			Да ⟶	
8. Лейкопоэтины(катализаторы лейкоцитов)		Да	Да	
9. Тромбоцитопоэтины (катализаторы тромбоцитов)		Да		
		Открытия в микромире		
I0. Нейтрон		Резерфорд, I920	-	Д.Чедвик, I932
II. Позитрон			П.Дирак, I928	Андерсон, I932
I2. Частица промежуточная между протоном и электроном(п-мезон)			Х.Юкава, I935	Пауэлл, I947
I3. Нейтрино			Паули, I93I	- I963

(Продолжение таблицы)

I	2	3	4	5
I4.	Десятая элементарная частица	Нееман и Гелл-Манн	Нееман и Гелл-Манн, I96I	в Брукхейвене, I964
I5.	Кварки	Цвейг, I964	Маккаскер, I969	
	Открытие новых элементов			
I6.	Галий(эка-алюминий)		Д.И.Менделеев, I87I	Л.де Буабсран, I875
I7.	Скандий (эка-бор)		- " -	Нильсон, I879
I8.	Германий(эка-силиций)		- " -	Винклер, I886
I9.	Элемент № I07 (частица фаулера)	Дж.Джолли, I923(кольца на солнце)	П.Фаулер, I965 °	
20.	Сергений(эка-осмий); элемент № I08	В.В.Чердынцев, I933-I940 Бендбридж, Фаулер, Хойл, I956	В.В.Чердынцев, I955	В.В.Чердынцев, I966
2I.	Эка-платина(№II0)	Теория о плотной "упаковке"	США	
22.	Эка-золото (№ III)	Теория о плотной "упаковке"	США	
23.	Эка-свинец (№ II4)	- " -	США Дубна	
	Открытия в космосе			
24.	Планета Нептун		I78I	I846
25.	Планета Плутон		I877	I930
26.	Перун (планета между Солнцем и Меркурием)	Ивабе, I82[illegible]		

(Продолжение таблицы)

I	2	3	4	5
27.	Трансплутон	Да		
28.	Новые спутники Юпитера	О.С.Гамбург	Сиднейская радиофизическая лаборатория	
29.	Три новые гравитационные центра на орбитах Земли	Да ⟶		
30.	Расширение Вселенной	-	А.А.Фридман	Хаббл, I927
3I.	Гравитационные изменения частоты фотона	-	А.Эйнштейн, I916	Паунд, I960
32.	Холодное реликтовое излучение Вселенной	-	Гамов, I948	А.Пензиас, Р.Вильсон, I965
33.	Электромагнитные волны	М.Фарадей, I83I-I854	Д.Максвелл, I855	Г.Герц, I888

Примечание: примеры №№ I и 2 дала Х.А.Мауриня и №№ 3-5 - А.М.Мауринь.

Не всякая научная фантастика (и фантазия) может быть использована при предвидении и прогнозировании. Ниже дается такое определение научной фантастики , удовлетворяя которому она может быть признана прогнозирующей. Анализ большого числа различных высказываний о роли научной фантастики и их синтез дают нам возможность предложить следующее её определение.

Научная фантастика , от технологической до реалистической (социально-философской):

- выступая, как - искусство, наука и ремесло, как агитатор и пропагандист науки;
- являясь научным исследованием результатов действия

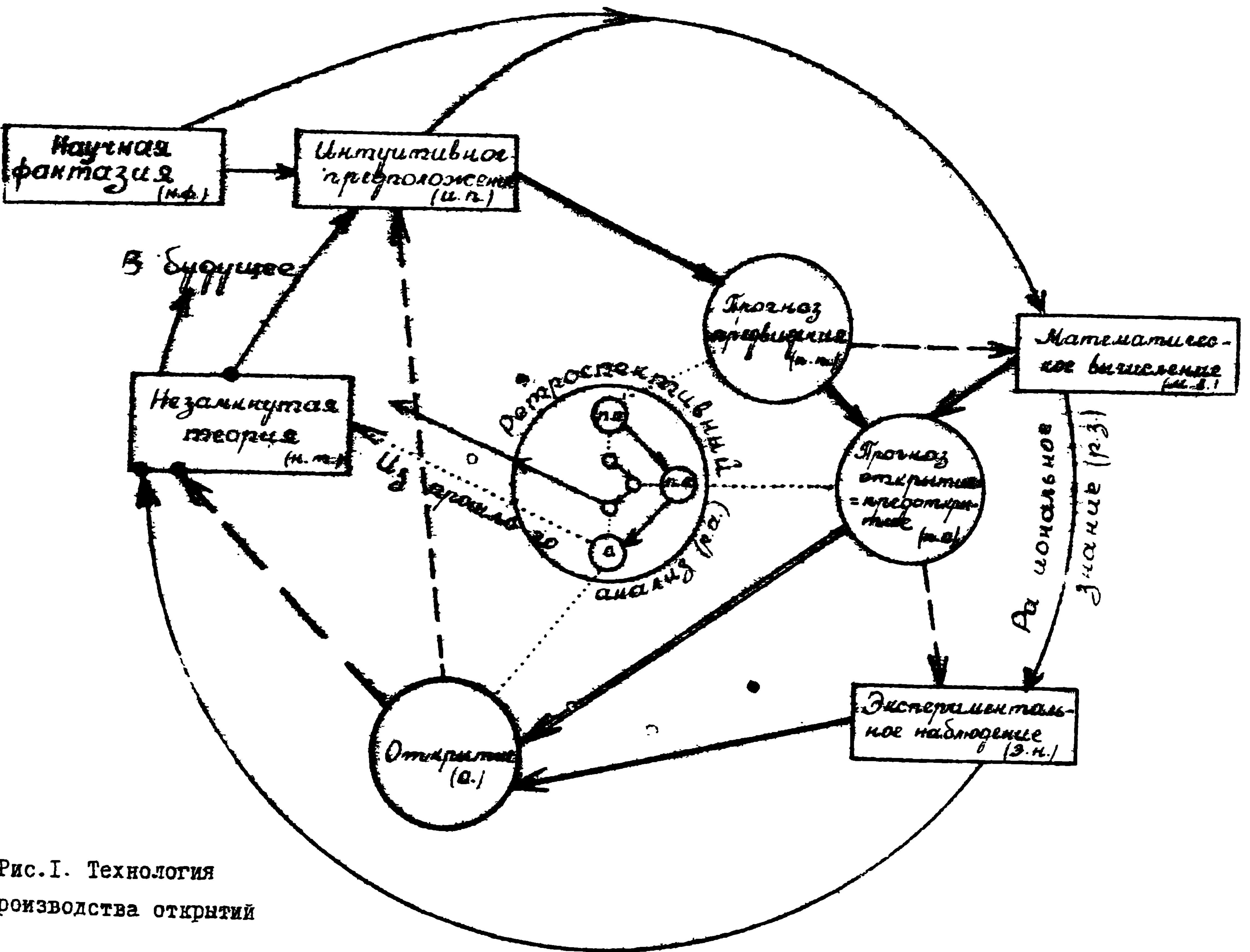


Рис.I. Технология производства открытий

Условные обозначения:



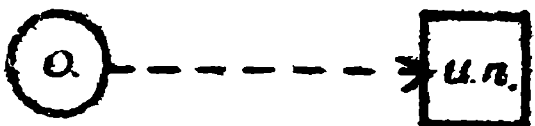
последовательность действия аппарата прогнозирования



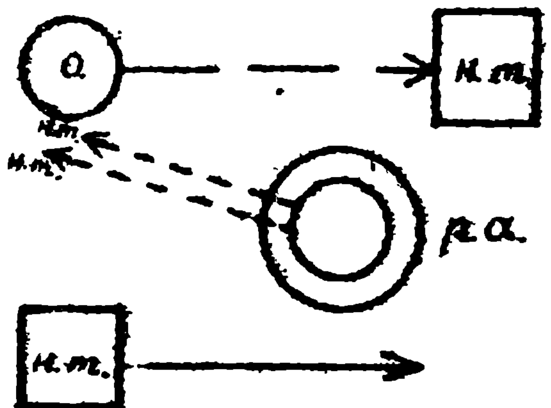
переход между этапами прогнозирования открытия;



связь от аппарата прогнозирования к этапам прогноза;



связь от этапов прогнозирования на аппарат прогнозирования,



выход схемы : от открытия к незамкнутой теории;

- события за чертежом (в прошлом);

- ход времени в будущее (перед чертежом).

Аббривиатуры внутри отдельных условных обозначений даны как отдельные примеры и их существо (декодирование) явствует из обозначений на чертеже - в скобках. Точечный пунктир на круг ретроспективного анализа ("р.а."), связывающий его с "п.п.", "п.о.", "о.", "н.т.", соответствует связи настоящего с прошлым и идет из-за чертежа (из прошлого).

основанных на не строго доказанных исходных предпосылках;

- предстает перед нами как научно-художественное романтическое произведение (с инамичным и конфликтным сюжетом), являющееся синтезом научного и художественного познания мира и орудием анализа действительности, имеющим максимальную познавательную и социальную ценность, в фантастической идее которого в скрытом виде дана глубоко современная философская социальная идея, раскрывающая влияние последствий научно-технического прогресса на общество, отражающее современную жизнь и проецирующее ее в будущее - изобретающее возможный Мир с созданием обратной связи (допуская вторжение будущего в настоящее и прошлое, а прошлого в будущее);
- предстает как произведение, выполненное лицом предметно знающим научную и специальную сторону вопроса и имеющим соответствующее образование;
- гармонично балансируя:
  - воображение и критическое мышление,
  - красноречие и мудрость,
  - стиль и сущность,
  - форму и содержание;
- содержит:
  - фантазию (во имя реальности), но не фантазерство,
  - мечту(фантазия плюс реальность), но не мечтательность,
  - поэзию , но не поэтизм,
  - науку, но не сциентизм,
  - элементы: необычного, небывалого, невозможного;
- вскрывая пограничные конфликты:
  - исторического прошлого и исторического будущего,
  - научно-технического и гуманитарного,
  - сюжета, образа, идеи, эстетики и этики,
  - калейдоскопичности дитектива, интеллектуальности

философского романа, астрономичности космоса,
- реальных и интеллектуальных приключений;

- использует:
  - методы диалектики,
  - методы, лежащие от экстраполяции до "кентавра" и"русалки"
  - приемы, лежащие от мысленного до статистического экспериментов,
  - приемы, лежащие от художественного творчества до кибернетического моделирования,
  - приемы, лежащие между логическим и историческим путями исследования;
- допуская нарушения закона искусства Аристотеля - подчеркивая возможность невероятного;
- подсказывает ученым возможные важные направления исканий;

позволяет принимать решения и делать выбор, в соответствии с объединенной общественной волей, с предварительным представлением многих вариантов прогнозов (предвидения) социального и научно-технического прогресса;

обеспечивает человеку более быстрое интеллектуальное, психическое и эмоциональное освоение динамичной среды быстро текущей жизни, являясь "авангардной стадией" процесса познания неведомого.

(Подчеркнутое можно читать, выделяя из остального текста).

Литература

Тардов Б.Н. Методика научно-технического прогнозирования. Сборник " Научно-техническое прогнозирование и экономика научных исследований", Изд.МДНТП, Москва, 1969, стр.9-37.

И.Я.Лиепа

ПОКАЗАТЕЛЬ УДЕЛЬНОГО ВЕСА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Как при обработке эмпирических данных, так и при отборе существенно влияющих факториальных признаков математических моделей, возникает необходимость измерить силу влияния воздействующих факторов на изучаемый объект (результативный признак). Обычно эта задача решается или с помощью корреляционного или дисперсионного анализов. При этом в качестве показателей влияния воздействия принимаются квадраты коэффициентов парной корреляции или отношения сумм квадратов отклонений воздействующих факторов к общей сумме квадратов отклонений. Такой подход к изучению силы влияния воздействующих факторов является простым и привичным. Но , к сожалению, этот подход имеет серьезные недостатки, существенно ограничивающие возможность применения вышеуказанных показателей. Квадрат коэффициента парной корреляции между результативным и факториальными признаками только тогда правильно отражает силу влияния воздействия факториального признака, если воздействие остальных факториальных признаков элиминировано. Это, конечно, невозможно. Даже в тех случаях, когда экспериментатору удается значение остальных факториальных признаков удержать на определенном уровне (на заранее заданном фоне исследования), квадрат коэффициента корреляции отражает истинную силу влияния данного фактора только для этого фона. При изменении хотя бы одного компонента фона, сила воздействия изучаемого факториального признака может оказаться иной. Особо характерно это в тех случаях, когда один или несколько компонентов фона достигает крайне возможные значения.

Дисперсионный анализ имеет недостатки иного харак-

тера. Отношения сумм квадратов отклонений изучаемых факториальных признаков к общей сумме квадратов отклонений, призванные отражать силу воздействия изучаемых факториальных признаков на результативный признак, существенно зависят от структуры дисперсионного комплекса (схемы организации эксперимента). При разных схемах эксперимента получаются иные значения отношений сумм квадратов отклонений. Значит, сила воздействия одних и тех же факториальных признаков определяется неоднозначно в зависимости от воли или желания исследователя. Кроме того, если число факториальных признаков превышает три, организация эксперимента и обработка результатов наблюдений становятся чрезвычайно громоздкими. Общим недостатком как корреляционного, так и дисперсионного анализов является то, что при применении этих анализов взаимосвязь между результативным и факториальными признаками не выражается в виде формул, что существенно затрудняет решение вопросов математического моделирования и оптимизации. С этой точки зрения наиболее подходящим математическим аппаратом является множественный регрессионный анализ, позволяющий также определить общую силу воздействия всего комплекса факториальных признаков. Это выражается через квадрат коэффициента множественной корреляции, являющейся неотъемлемым показателем множественной регрессии. Но как распределить общую сумму воздействия всего комплекса факториальных признаков по отдельным компонентам или, иными словами, как определить удельный вес влияния воздействия отдельных факториальных признаков или их групп? Для решения этой задачи предлагаем определить специальный показатель γ_i (формула(I)). Этот показатель конструирован с таким расчетом, чтобы для его вычисления использовалась только та информация, которая предназначена для проведения линейной множественной регрессии. γ_i отражает удельный вес влияния воздействия i-го фактора. Числовое значение этого показателя меняется в интервале $0 \leq \gamma_i \leq 1$. Удельный вес влияния сум-

марного воздействия нескольких факториальных признаков определяется как сумма удельных весов этих признаков.

$\Sigma \gamma_j'$ отражает общий удельный вес влияния воздействия всех изучаемых факториальных признаков в целом, а $1-\Sigma \gamma_j'$ относится к удельному весу влияния суммарного воздействия случайных факторов. γ_j' определяется по формуле (I).

$$\gamma_j' = \frac{b_j c_{oj} R^2}{\Sigma |b_j c_{oj}|} \qquad j = 1, 2, \ldots, k \qquad (I)$$

γ_j' - удельный вес влияния воздействия j-го факториального признака уравнения линейной множественной регрессии

$$x_o = a + \Sigma b_j x_j \qquad (2)$$

x_o - результативный признак;

a - свободный член уравнения регрессии;

x_j - числовое значение j-го факториального признака;

k - число факториальных признаков;

R - коэффициент множественной корреляции

$$R^2 = \frac{n^2 \Sigma b_j c_{oj}}{n \Sigma x_{oi}^2 - (\Sigma x_{oi})^2}, \quad i = 1, 2, \ldots, n \qquad (3)$$

n - число наблюдений;

x_{oi} - числовое значение результативного признака i-го наблюдения;

c_{oj} - коэффициент ковариации между результативным и j-ым факториальным признаком

$$c_{oj} = \frac{n \Sigma x_{oi} x_{ij} - \Sigma x_{oi} \cdot \Sigma x_{ij}}{n^2} \qquad (4)$$

b_j - коэффициент регрессии j-го факториального признака.

Основой для конструирования показателя γ_j' является следующее предположение.

Квадрат коэффициента множественной корреляции, отражающий удельный вес влияния суммарного воздействия изучаемых факториальных признаков, вычисляется по формуле (5)

$$R^2 = \frac{\sum b_j s_{oj}}{s_o^2} \qquad (5)$$

s_o^2 - дисперсия результативного признака.

Дисперсия результативного признака является общей для всех слагаемых формулы (5). Следовательно, доля влияния j -го факториального признака при формировании числового значения квадрата коэффициента множественной регрессии зависит только от взаимных соотношений отдельных слагаемых формулы (5). Факториальный признак, которому соответствует слагаемое с наибольшим числовым значением, имеет также наибольшее значение удельного веса влияния и т.д. Распределение по этому принципу удельного веса суммарного воздействия всех изучаемых факториальных признаков по отдельным компонентам обеспечивается с помощью формулы(I). Отдельным слагаемым формулы (5) возможны разные знаки. Поэтому знаменатель формулы (I) следует формировать как сумму абсолютных значений $b_j\ s_{oj}$ т.е. $\sum |b_j s_{oj}|$. Показатель удельного веса влияния воздействия отдельных факториальных признаков всегда имеет положительный знак. Поэтому, чтобы узнать направление воздействия j -го факториального признака, следует обращать внимание на знак коэффициента регрессии этого признака. Если $b_j > 0$, то j -ый факториальный признак воздействует положительно, а если $b_j < 0$ - то отрицательно, т.е. с увеличением числовых значений j -го факториального признака числовые значения результативного признака уменьшаются.

Реализация вышеизложенного алгоритма практически невозможна без применения ЭВМ, так как при возрастании числовых значений m и k объем вычислительных работ увеличивается. На кафедре ботаники Латвийского ордена Трудо-

ного Красного Знамени Государственного университета им. Петра Стучки составлена программа, по которой, кроме числовых значений удельных весов влияния воздействия факториальных признаков, также определяются основные показатели множественной регрессии: коэффициенты регрессии, ошибки репрезентации коэффициентов регрессии, дисперсия результативного признака, стандартное отклонение уравнения регрессии, ошибка репрезентации уравнения регрессии, коэффициент множественной корреляции и коэффициенты частной корреляции между результативным и факториальными признаками. Для использования этой программы специалисту конкретной области исследований следует заполнить таблицу начальной информации (таблица I), отправить ее в вычислительный центр, имеющий такую программу, и анализировать полученные результаты вычислений.

Таблица I.

Таблица начальной информации

Числовые значения результативного признака	Числовые значения факториальных признаков						
x_0	x_I	x_2	..	x_j	...	x_k
x_{oI}	x_{II}	x_{I2}		x_{Ij}		x_{Ik}
x_{o2}	x_{2I}	x_{22}		x_{2j}		x_{2k}
⋮						
x_{oi}	x_{iI}	x_{i2}		x_{ij}		x_{ik}
⋮						
x_{on}	x_{nI}	x_{n2}		x_{nj}		x_{nk}

Объем таблицы начальной информации 3000 единиц ($n \times (k + I) = 3000$). При $n \times (k + I) > 3000$ предусмотрена соответствующая коррекция программы.

И.Я.Лиепа, Х.А.Мауриня, Г.Е.Поспелова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО НУЛЯ В ОТНОШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТРОДУКЦИИ РАСТЕНИЙ

При интродукции растений с южных в северо-западные районы СССР, где расположена также Латвийская ССР, чаще всего наблюдается несоответствие термического фактора, так как термический фактор на земном шаре распределен очень неравномерно. Несоответствие в температруре потребностям растений вызывает нарушения в деятельности ферментов. Это в свою очередь приводит к изменению биохимического состава растительного организма, а также нарушения темпов роста и развития растений. Поэтому часто именно температура определяет тот крайний рубеж, до которого возможна успешная интродукция того или другого вида растений. В прогнозировании результатов интродукции растений определение этого рубежа, т.е. выяснение потенциально возможного ареала интродукции данного вида, имеет большое значение.

Для однолетних растений, развитие которых происходит в течение одного периода вегетации, крайний рубеж ареала интродукции определяет тот минимальный уровень температуры, ниже которого прекращаются или существенно нарушаются физиологические процессы растений.

Интродуцентом с непродолжительной историей интродукции в условиях Латвийской ССР является кукуруза. Многие авторы наиболее ответственным фактором за рост и развитие кукурузы в новых районах ее возделывания считают температуру (Куперман и др.,1956; Балюра,1959; Селярви,1961; Капитанова,1962 и др.). Установленно, что температура имеет большое значение во всех периодах развития кукурузы (Балюра,1959; Капитанова,1962; Рубин,Андреенко,1958; Кояв, 1959; Бессонова,1960;Калинина,1960; Шевелуха,1964 и др.).В.И.Ба-

люра (1955) отмечает, что при средней температуре 18,9°С кукуруза 'Миннезота-13' выбросила метелку через 58 дней, а при 15,5°С - через 90 дней после прорастания. Созревание семян также зависит от температуры: если в период от выбрасывания метелки до созревания температура была 14,9° початки достигли восковой спелости, а если было 14,1°С - не созревали. Таким образом, снижение средней температуры на неполный градус оказывает столь большое влияние на развитие растений.

На любой из стадий развития или этапов органогенеза может наступить такой уровень температуры, при котором уже наблюдается физиологический нуль. Физиологическим нулем мы называем такое состояние растительного организма при котором останавливаются процессы развития (Мауриня, Лиепа, 1970). Каждому виду растений или одному виду растений на разных стадиях развития характерно определенное значение физиологического нуля. Поэтому в зависимости от цели хозяйственного использования интродуцируемого вида различают несколько зон интродукции. Для кукурузы, например, различают зоны интродукции ее на зеленую массу и на зерно. Границы этих зон определяют соответствующие численные значения средней температуры, при которой наступает физиологический нуль для развития или всего растения, или соответствующих элементов структуры урожая.

Целью нашей работы было разработать математическую модель физиологического нуля для развития кукурузы и показатель возможности использования этой модели для прогнозирования результатов интродукции кукурузы как модельного растения в наших исследованиях.

В основе разработки математической модели физиологического нуля положен принцип постепенного исключения излишней информации. С точки зрения теории информации каждое число показывающее минимальную суточную температуру состоит из двух компонентов: полезной и излишней информации.

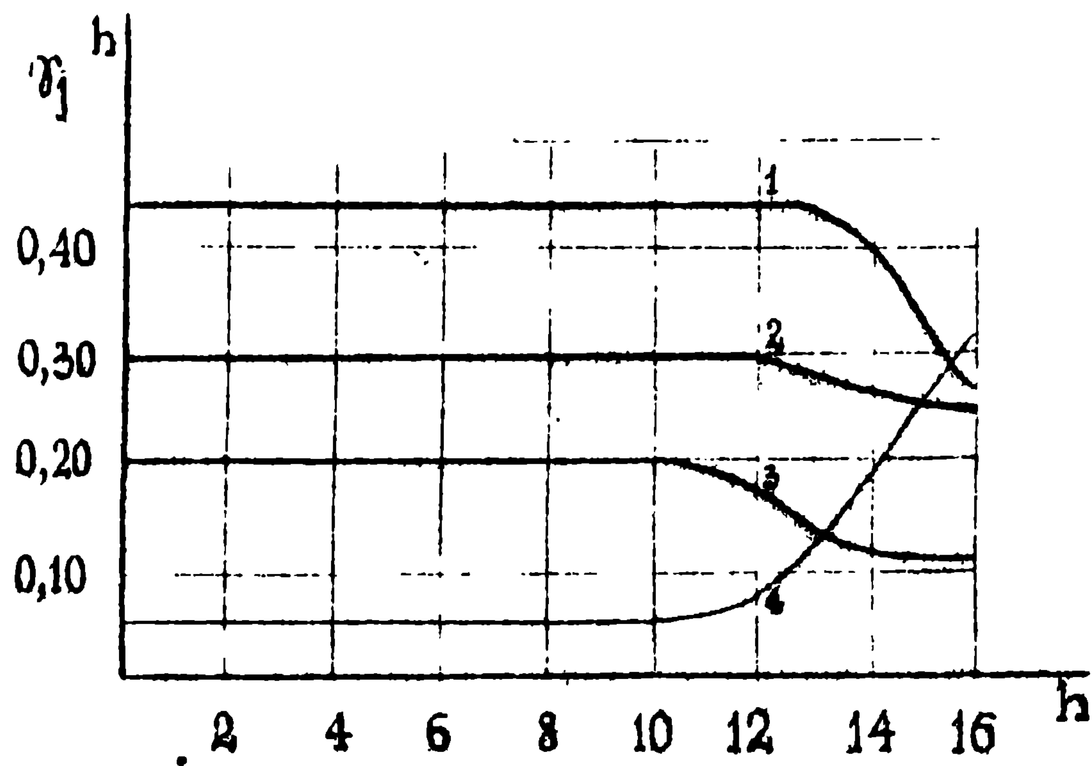


Рис. I.

Изменение удельных весов влияния γ_j на $x_\circ$ третей стадии в зависимости от уровня /h/ среднесуточной температуры.

I – удельный вес влияния температуры воздуха,
2 – удельный вес влияния абсолютной влажности,
3 – удельный вес влияния температуры почвы,
4 – удельный вес влияния дефицита влажности.

Геометрическая интерпретация излишней информации отвечает той части отрезка, что ограничивается 0^oC и уровнем физиологического нуля (тем уровнем температуры, при котором начинается протекание соответствующей стадии). В свою очередь полезной информации отвечает остальная часть отрезка выше этого уровня h_p

Исключение излишней информации не снижает удельного веса влияния минимальной температуры воздуха на продолжительность отдельных стадий онтогенеза. Поэтому, начиная с 0^oC и постепенно сокращая отрезок, отвечающий излишней информации, численное значение удельного веса влияния минимальной температуры воздуха не снизится до тех пор, пока не станет исключаться полезная информация, т.е. не будет достигнут необходимый уровень h_p. Начиная с этого уровня, численное значение удельного веса влияния минимальной температуры начнет снижаться. На графике этому уровню температуры соответствует резкий спад линии, отражающей показатель удельного веса влияния суточной минимальной температуры (рис. I).

Аналитически отыскание уровня физиологического нуля основывается на использовании математической модели удельного веса влияния факториальных признаков (см. статью И.Лиепа в данном сборнике).

В данном случае эта модель имеет вид:

$$\gamma_j^{(h)} = \frac{b_j^{(h)} \cdot c_{oj}^{(h)} \cdot R^2 (h)}{\sum \left| b_j^{(h)} \, c_{oj}^{(h)} \right|} \quad , j = 1, 2, \ldots k;$$

$$k \leqslant 20 \qquad (I)$$

k - число факториальных признаков множественной регрессии,

γ_j - показатель удельного веса влияния j-го факториального признака множественной регрессии вида.

$$x_o = a + \sum b_j x_j \qquad (2)$$

x_o - результативный признак множественной регрессии,

a - свободный член уравнения множественной регрессии,

R - коэффициент множественной корреляции

$$R^2(h) = \frac{\sum b_j^{(h)} c_{oj}^{(h)}}{\frac{N \sum x_{io}^2 - (\sum x_{io})^2}{N^2}}, i=1,2,\ldots,N \quad (3)$$

N - число повторений,

c_{oj} - коэффициет ковариации между результативным и j-ым факториальным признаком

$$c_{oj}^{(h)} = \frac{N \sum x_{io} x_{ij}^{(h)} - \sum x_{io} \cdot \sum x_{ij}^{(h)}}{N^2} \quad (4)$$

При $h > 0$ вычисляется только c_{oj} для $j = I$

h - испытываемый уровень температуры над 0^oC,

b_j - j -ый коэффициент множественной регрессии.

Показатель удельного веса заданного факториального признака, в частности, температуры воздуха, определяется для разных уровней h Тот уровень, при котором начинается существенное уменьшение этого показателя, т.е. при $\gamma^{(h+1)} < \gamma^{(h)}$, является уровнем физиологического нуля, ниже которого прекращается или существенно нарушается деятельность процессов, определяющих продолжительность развития данной стадии онтогенеза кукурузы.

Начальная информация для реализации описанного алгоритма отыскания уровня физиологического нуля задается в виде основной (таблица I) и дополнительной (таблица 2) таблиц результатов наблюдений.

В качестве результативного признака x_o использовалась продолжительность данной стадии онтогенеза в днях, а в качестве факториальных признаков - температура воздуха (x_I) абсолютная влажность воздуха (x_2), температура почвы на глубине 5 см (x_3) и дефицит влажности (x_4). В ка-

Таблица I

Основная таблица результатов наблюдений

Результативный признак x_0	Факториальные признаки				
	x_1	x_2	... x_j	...	x_k
x_{1o}		x_{12}	x_{1j}		x_{1k}
x_{2o}		x_{22}	x_{2j}		x_{2k}
...					
x_{io}		x_{i2}	x_{ij}		x_{ik}
...					
x_{No}		x_{N2}	x_{Nj}		x_{Nk}

Таблица 2

Дополнительная таблица результатов наблюдений

Номер повторности	Ежесуточная температура воздуха	
	t_{min}	$t_{ср.}$
	t_{11}	t_{11}
1	t_{12}	t_{12}
	...	...
	t_{1n}	t_{1n}
	t_{i1}	t_{i1}
i	t_{i2}	t_{i2}
	...	...
	t_{in}	t_{in}
...		
	t_{N1}	t_{N1}
N	t_{N2}	t_{N2}
	...	...
	t_{Nn}	t_{Nn}

честве x_I исследовалось влияние минимальной и среднесуточной температуры воздуха. Среднесуточная температура определялась как арифметическое среднее из четырех измерений температуры воздуха. При этом измерения температуры производились в 1^{00}, 7^{00}, 13^{00} и 18^{00}. Значения минимальной и среднесуточной температуры заносятся в таблицу 2.

Таблица 2 заполняется биологом результатами наблюдений и задаются значения h_{max} и Δh (шаг изменения уровня температуры). Второй столбец основной таблицы результатов наблюдений заполняется машиной и в процессе вычислений значения данных этого столбца меняются также машиной автоматически соответственно уровням h . При этом используется следующая формула

$$x_{i1} = \frac{\sum x_{i1p} - mh}{m}, \quad p = 1, 2, \ldots, m \qquad (5)$$

n - продолжительность исследуемой стадии онтогенеза данного вида растений i -го повторения в днях;

m - число дней того же периода времени с минимальной (соответственно среднесуточной) температурой, превышающей заданный уровень h.

$0 \leq m \leq n$.

Для каждого уровня h определяются соответствующие значения температуры x_{i1} засылается во второй столбец таблицы I и вычисляются $\gamma_j^{(h)}$. Из формулы (5) следует, что для расчетов используется только та часть ежесуточной температуры, которая превышает заданный уровень h , а остальная часть отбрасывается. С увеличением уровня h отбрасываемая часть постепенно возрастает. Показатель удельного веса элиминируемой таким образом температуры воздуха остается без изменений до того уровня, пока не начинается отброс полезной информации, т.е. до уровня, вы-

ше которого изменения температуры оказывают существенное влияние на продолжительность развития данной стадии онтогенеза кукурузы. Другие столбцы таблицы I заполняются данными остальных факториальных признаков. В ходе вычислений числовые значения этих столбцов остаются постоянными при всех уровнях h.

Реализация алгоритма отыскания уровня физиологического нуля практически возможна только на ЭВМ, так как при увеличении N и k, а также уменьшении Δh быстро возрастает объем вычислительных работ.

В качестве примера применения математической модели физиологического нуля в рис. I показаны результаты исследования третьей стадии развития онтогенеза кукурузы в зависимости от среднесуточной температуры. Уровень физиологического нуля этой стадии кукурузы является 13°С, так как на этом уровне начинается отброс полезной информации (на графике уровню 13°С соответствует точка начала резкого спада линии, отражающей уровень удельного веса влияния среднесуточной температуры на продолжительность развития этой стадии онтогенеза).

В зависимости от уровня h меняются удельные веса влияния других факториальных признаков. Начиная с h =10°С снижается влияние температуры почвы на глубине 5 см. С h = 12°С то же самое наблюдается и в отношении к абсолютной влажности воздуха, но снижение влияния воздействия этого факториального признака происходит медленнее, так как угол наклона линии, соответствующей абсолютной влажности воздуха, меньше угла наклона линии изменения удельного веса влияния температуры почвы. Значение дефицита влажности воздуха начинает возрастать с уровня h= 10°С. По величине влияния воздействия факториальных признаков на продолжительность третьей стадии на уровне физиологического нуля (h =13°С) эти признаки имеют такую последовательность: среднесуточная температура воздуха (γ =0,44

или 44 %), абсолютная влажность воздуха (γ_2^r =0,29 или 29 %) температура почвы на глубине 5 см (γ_3^r =0,14 или 14 %) и дефицит влажности (γ_4^r =0,12 или 12 %). Сумма показателей удельного веса влияния всех факториальных признаков отражает общее влияние суммарного воздействия этих признаков. В данном случае $\Sigma\gamma_i^r$ =0,99 или 99 %. На долю случайных факторов остается $1-\Sigma\gamma_i^r$ =0,01 или 1 %.

Математическая модель отыскания уровня физиологического нуля адекватна, так как результаты, полученные на ЭВМ ,полностью совпадают с экспериментальными данными. Свободные члены и коэффициенты множественной регрессии при уровне h = 0 имеют еще особое значение, так как отражают множественную взаимосвязь между продолжительностью данной стадии онтогенеза и факториальными признаками в естественных условиях изменения температуры. Это позволяет использовать уравнения множественной регрессии в качестве математической модели прогноза продолжительности той или иной стадии и всего цикла развития растений. Это имеет значение для определения результатов работы фитотронов при заданных условиях факториальных признаков. В нашем случае множественная регрессия носит линейный характер (все парные регрессии между продолжительности отдельных стадий развития кукурузы и факториальными признаками оказались линейными) и имеет вид уравнения (2). Числовые значения коэффициентов регрессии a и b_j представлены в таблице 3.

Итак, с помощью соотношения (1) определяется уровень физиологического нуля той или иной стадии развития растений, а по формуле (2) вычисляется продолжительность развития этой стадии. Зная уровень физиологического нуля и режим изменения метеорологических показателей данного района, нетрудно решить вопрос о целесообразности разведения этого вида растений в пределах указанной территории. Принцип постепенного исключения излишней информации и изложенная выше методика составления математической модели фи-

биологического нуля в отношении температуры применимы также для отыскания существенных уровней воздействия других метеорологических факторов.

Таблица 3

Числовые значения коэффициентов a и b_j

Стадия	Температура воздуха	a	b_1	b_2	b_3	b_4	Коэффициент множественной регрессии
I	t_{min}	40,5	0,348	-1,39	-0,08	-0,27	0,90
	$t_{ср.}$	39,7	0,165	-1,09	-0,198	-0,066	0,90
II	t_{min}	37,6	-1,16	1,53	-0,917	-0,539	0,97
	$t_{ср.}$	29,7	0,859	-0,672	-1,38	3,41	0,97
III	t_{min}	38,5	1,68	-1,76	-0,769	0,417	0,98
	$t_{ср.}$	33,8	3,24	-2,97	-0,889	-0,607	0,98

Литература

1. Балюра В.И. Чему учит опыт возделывания кукурузы в нечерноземной полосе в 1955 г. "Земледелие", № 12, 1955 .
2. Балюра В.И. Вегетационный период кукурузы в нечерноземной полосе. "Вестник с.-х. науки", №4, 1959.
3. Бессонова Е.В. Фенологические карты и потребность в тепле некоторых с.-х. культур.-Тр.фенолог. совещания. Гидрометиздат, стр466-481, 1960.

4. Калинина Л.В. Влияние температуры на развитие зародыша. "Кукуруза", № 9, I960.

5. Капитанова Т.А. Особенности биологии развития кукурузы в условиях Московской области. Канд. диссертация, МГУ, I962.

6. Koss U. Beziehungen zwischen einigen wichtigen Witterungsfaktoren und den Erträgen von Silomais (Sorte Schindelmeiser).- Dtsch.Landwirtsch. IO, N 26, I959.

7. Куперман Ф.М., Лучшев А.А., Шульгин А.М. Некоторые закономерности развития и роста кукурузы в новых районах ее возделывания. "Изв. АН СССР", сер. биол. № 4, I956.

8. Мауриня Х.А., Лиепа И.Я. Определение физиологического нуля и его значение для прогнозирования урожая. VIII Совещание актива фенологов по проблеме фенологического прогнозирования. Тезисы докладов, Ленинград, I970.

9. Рубин Б.А., Андреенко С.С. Некоторые вопросы физиологии кукурузы. "Вестник с-х. науки", № 7, I958.

IO. Селарри М.К. Изменение некоторых признаков кукурузы при направленном воздействии светом.- Докл. ТСХА вып. 62, I96I.

II. Шевелуха В.С. Условия внешней среды и урожай. "Кукуруза", № 4, I964.

А.М.Мауринь

ЗНАЧЕНИЕ ВЫЯВЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ ПЕРИОДОВ В РАЗВИТИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОГНОЗА ЕЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Проблема прогнозирования ожидаемого перехода системы в новое качественное состояние является одной из наиболее сложных в прогностике (Бауэр, и др., 1971). В своем развитии любая биологическая система претерпевает ряд качественных изменений. Будущее состояние системы возникает как результат диалектического изменения настоящего. "Развитие,-писал В.И.Ленин (1961),- как бы повторяющее пройденные уже ступени, но повторяющее их иначе, на более высокой базе ("отрицание отрицаний"), развитие, так сказать, по спирали, а не по прямой линии; - развитие скачкообразное, катастрофическое, революционное;-"перерывы постепенности";- превращение количества в качество;-внутренние импульсы к развитию, даваемые противоречием, столкновением различных сил и тенденций, действующих на данное тело или в пределах данного явления или внутри данного общества; - взаимозависимость и теснейшая, неразрывная связь всех сторон каждого явления (причем история открывает все новые и новые стороны), связь, дающая единый, закономерный мировой процесс движения,- таковы некоторые черты диалектики, как более содержательного (чем обычное) учения о развитии" (стр.55).

Обсуждая проблему структурных уровней, А.М.Молчанов (1970) показал, что система не может перейти из одного устойчивого состояния в другое, минуя относительно кратковременный критический период, характеризующийся неустойчивым состоянием этой системы. "Переход через такую границу,- утверждает он,- вызывает к жизни новое качественное состояние, тяготеющее к определенному типу стабиль-

ности" (стр.107).

В биологии представление о критическом периоде по отношению к определенному фактору среды в процессе развития растений впервые четко было изложено П.И.Броуновым (1912). Впоследствии многие исследователи занимались выявлением периода наиболее существенного влияния изучаемого фактора на развитие растений. Особенно в этом отношении выделяются работы В.А. Новикова(1955 и др.) и его учеников (Новиков и Баранникова,1950;Баранникова,1953; Мауриня,1956 и др.),изучавших критический период сельскохозяйственных культур по их отношению к интенсивности света. О критическом периоде в развитии генеративных почек древесных растений писал А.Г.Клабуков (1961), приурачивая его к этапу локального деления клеток в конусе нарастания. Состояние клеток, по данным А.Г.Клабукова, при локальном делении лабильно: при одних условиях они дают начало зачатков генеративных органов, а при других остаются вегетативными.

Исследуя биологические закономерности семеношения интродуцированных древесных растений в Латвийской ССР, мы показали , что судьба урожая этих растений в значительной мере определяется условиями погоды в критические периоды - периоды детерминации и спорогенеза генеративных почек (Мауринь,1967). Эти критические периоды были выявлены нами довольно трудоемкими биологическими (энологическими, морфофизиологическими и гистохимическими) исследованиями. Впоследствии были разработаны алгоритм и программа для выявления с помощью ЭВМ критических периодов в развитии генеративных почек древесных растений. В результате оказалось, что данные о календарных сроках критических периодов, определенные с помощью математических методов, вполне адекватны результатам чисто биологических исследований. Выявление критических периодов позволило нам построить практически удобную и достаточно надежную математическую модель для прогноза ожидаемого урожая семян (Мауринь,Лиепа,Дрике,1970).

Результаты проведенных с помощью ЭВМ исследований показали , что у древесных растений, в отличие от монокарпических однолетних растений, более критичным является период детерминации почки, когда решается ее судьба - стать ей в дальнейшем генеративной или остаться вегетативной. Очевидно у однолетних монокарпиков время формирования генеративных органов в процессе онтогенеза более жестко запрограммировано наследственностью. В самом деле, однолетнее растение не может в соответствующий вегетационный период плодоносить или не плодоносить, иначе под угрозу будет поставлено существование вида. Поэтому здесь более критичным является период редукционного деления и образования тетрад пыльцы. К древесным поликарпическим растениям эволюция в этом отношении была не столь требовательна. Эти растения могут и не формировать органы плодоношения, если условия среды в это время недостаточно благоприятны. Один или даже два и более неурожайных года подряд не угрожают судьбе вида. В неурожайные годы накапливаются запасные питательные вещества, что обеспечивает возможность формирования в урожайные годы огромного количества плодов и семян. "Нажимает" же на "пусковой механизм" формирования генеративных тканей условия погоды в критический период, названный нами периодом детерминации почек. Конечно, в процессе дальнейшего формирования генеративных органов и самих плодов неблагоприятные факторы могут в большей или меньшей степени снизить количество и качество будущего урожая. Но ведь "в игре" участвуют лишь те почки, развитие которых в период детерминации было пущено по генеративному пути.

Критические периоды выявляются и в эволюционном развитии той или иной филогенетической ветви. Анализируя неравномерность темпов эволюции, И.И.Шмальгаузен (1969) пишет, что на протяжении ряда периодов геологических эпох темпы эволюции живых форм оставались медленными. "На границах же эпох,- пишет он,- при значительных геофизичес-

ких преобразованиях, происходило широкое вымирание одних форм и быстрое рождение новых" (стр. 304), Относительно кратковременная инадаптивная фаза, по Д. Симпсону(1948) является ни чем иным как критическим периодом в постулируемом им процессе "квантовой эволюции",

Критические периоды переживают и биоценозы непосредственно накануне сукцессий, независимо от того, являются ли эти сукцессии сингенетическими, эндоэкогенетическими или экзогенными (Александрова,1965; Margalef , 1968). Критические периоды предшествуют и так называемым "экологическим взрывам" (Элтон,1960).

Этот краткий обзор показывает, что критические периоды присущи биологическим системам самых различных классов. Критические периоды являются относительно кратковременными по сравнению с продолжительностью существования самой биологической системы. Это вполне объяснимо, так как при длительном относительно менее устойчивом состоянии и большей уязвимости системы ее существование оказалось бы под серьезной угрозой. В мире живого эволюционный процесс устраняет такие системы.

Выявление критических периодов в развитии биологических систем представляет огромное значение для предвидения ожидаемого качественного изменения этих прогнозируемых систем. С другой стороны, знание времени прохождения критического периода значительно упрощает математическую модель прогноза и существенно облегчает само прогнозирование ожидаемого качественного и количественного состояния биологической системы.

Литература

1. Александрова В.Д. Изучение смен растительного покрова. В кн."Полевая геоботаника",3.М.- Л.,1965.

2. Баранникова З.Д. Стадии развития и критический период по отношению к недостатку интенсивности света у овса. Записки Ленинград. с.-х. ин-та, 7, Л., 1953

3. Бауэр А., Эйхгорн В., Кребер Г., Шульце Г., Сегет В., Вюстнек К.-Д. Философия и прогностика. Мировоззренческие и методологические проблемы общественного прогнозирования. М., 1971.

4. Броунов П.И. Полевые культуры и погода. СПб., 1912

5. Гжески С. Критический период в отношении к интенсивности света у проса. Записки Ленингр. с.-х. ин-та, 9, Л., 1955.

6. Клабунов А.Г. Биология развития цветочной почки. В кн. "Морфогенез растений", т.2, М., 1961.

7. Ленин В.И. Полное собрание сочинений. т.26. М., 1961.

8. Мауриньь А.М. Семеношение древесных экзотов в Латвийской ССР. Рига, 1967.

9. Мауриньь А., Лиепа И., Дрике А. Математическая модель для прогнозирования семеношения тсуги канадской и ели сербской. В кн. "Моделирование в ботанике". Рига, 1970.

10. Мауриня Х.А. О развитии озимой ржи после световой стадии. Записки Ленингр. с.-х. ин-та, 11. Л., 1956.

11. Молчанов А.М. Выступления. В кн. "Системные исследования. Ежегодник 1970". М., 1970, стр. 106-107.

12. Новиков В.А. Повышение устойчивости растений к снижению интенсивности света в критический период. Записки Ленингр. с.-х. ин-та, 9. Л., 1955.

13. Новиков В.А. и Баранникова З.Д. Критический период в отношении к интенсивности света у овса.

Доклады АН СССР, т.75, № 2, 1950.
14. Симпсон Д.Г. Темпы и формы эволюции. М., 1948.
15. Шмальгаузен И.И. Проблемы дарвинизма. 2-е изд. М., 1969.
16. Элтон Ч. Экология нашествий животных и растений. М., 1969.
17. Margalef R. Perspectives in ecological theory.- Chicago, 1968.

А.Я.Дрике

СТЕПЕНЬ СООТВЕТСТВИЯ ПРОГНОЗА УРОЖАЯ СЕМЯН ХВОЙНЫХ ЭКЗОТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ТРАНСФОРМАЦИИ ЭМПИРИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Составляя уравнения множественной регрессии для прогноза ожидаемого урожая тсуги канадской, прогнозируемыми показателями или характеристикаии модели мы выбрали количество урожая шишек в баллах (0-5) по шкале Каппера - y_I и качество семян прогнозируемого урожая, характеризуемое их полнозернистостью - y_2.

Если эмпирические данные выражаются в баллах, часто необходимо их трансформировать, чтобы приблизить данные к нормальному распределению.

В нашем конкретном случае в баллах выражался прогнозируемый показатель y_I, а также и факториальный признак x_6 - т.е. нагрузка маточника урожаем текущего года.

Определяя визуально количество урожая шишек в баллах, проявляется субъективный момент и, следовательно, используя такие данные в составлении прогноза ожидаемого урожая, возможно увеличение погрешности в полученных результатах.

В нашем случае для тсуги канадской при проверке адекватности модели выяснилось, что данные, полученные с помощью уравнения множественной регрессии, составленного по нетрансформированному эмпирическому материалу, не отличаются от данных практической верификации, полученных в природе, больше стандартного отклонения $\pm 1,44$ балла (Мауринь, Лиепа, Дрике, 1970).

Чтобы уменьшить численное значение стандартного отклонения уравнения множественной регрессии, а также увеличить адекватность модели прогноза урожая ши-

ник, в процессе дальнейшей работы мы проверили возможность применения некоторых способов трансформации эмпирического материала.

Данные об ожидаемом урожае и нагрузке маточника урожаем текущего года, выраженные в баллах, трансформировались, используя следующие зависимости:

1) $x' = \sqrt{x + 0,5}$ +) (Weber , 1967)

2) $x' = \lg (x + 0,5)$

3) используя специальную таблицу трансформации балловых данных (Rasiņš , 1971).

Трансформированные данные (таблица I) были включены в таблицы начальной информации (Лиепа, Баранов, 1970) и с помощью электронно-вычислительной машины БЭСМ-4 получены коэффициенты уравнения множественной регрессии, стандартное отклонение и другие показатели, характеризующие точность уравнения регрессии.

Далее проверялась адекватность уравнений множественной регрессии, полученных при использовании трансформированных данных. При проверке трансформированные данные переводились нами обратно в баллы, чтобы можно было сравнить с данными, полученными при верификации прогноза в природе.

В качестве критериев проверки соответствия указанных способов трансформации начальной информации, нами использовались как значения стандартных отклонений соответствующих уравнений множественной регрессии, так и непосредственное сопоставление результатов, полученных с помощью этих уравнений с данными, полученными при практи-

---

+) Принятые обозначения

x - эмпирический материал, выраженный в баллах;

x' - эмпирические данные в трансформированном виде.

неской верификации прогноза в природе. При сопоставлении были получены следующие результаты (таблица 2).

Как показывают результаты, представленные в таблице 2, менее успешным является применение способов трансформации - $x' = \lg (x + 0,5)$ и используя таблицы для трансформации данных в баллах.

Более адекватными получаются результаты прогноза ожидаемого урожая к результатам практической верификации непосредственно в естественных условиях при использовании следующего способа трансформации : $x' = \sqrt{x + 0,5}$.

Судя по стандартным отклонениям

$\hat{s}_{o+k}$ = 0,43 (для способа трансформации $x' = \sqrt{x + 0,5}$),

$\hat{s}_{o+k}$ = 0,34 (для способа трансформации $x' = \lg (x + 0,5)$ и

$\hat{s}_{o+k}$ = 0,58 (для способа трансформации, используя таблицы),

уравнения множественной регрессии для прогноза ожидаемого урожая шишек и семян тсуги канадской с использованием трансформированных данных, точнее выявляют ожидаемый урожай, чем уравнения, при составлении которых использовались нетрансформированные эмпирические данные.

Анализируя данные проверки адекватности этих уравнений, можно заметить, что из всех трех способов трансформации, которые мы использовали в нашей работе для прогноза урожая тсуги канадской, более точные результаты дает способ $x' = \sqrt{x + 0,5}$.

Возможно, что для других видов древесных экзотов лучшими окажутся другие способы трансформации, но это еще следует выяснить.

Таблица 1.

Трансформированные данные

Баллы	$x' = \sqrt{x + 0,5}$	$x' = \lg(x + 0,5)$	с помощью таблицы
0	0,75	-0,3010	1,27
1	1,25	0,1761	1,64
2	1,58	0,3979	2,20
3	1,88	0,5441	2,80
3,5	2,00	0,6021	3,08
4	2,12	0,6532	3,36
5	2,35	0,7404	3,73

Таблица 2.

Проверка адекватности способов трансформации с непосредственным сопоставлением результатов

Год	y_1	$\tilde{y}_1$	$\tilde{y}_1$ (по $\sqrt{x+0,5}$)	$\tilde{y}_1$ (по $\lg(x+0,5)$)	$\tilde{y}_1$ (по таблице)
1953	3,5	3,7	3,6	3,3	3,0
1955	1	0,83	0,6	0,5	0,4
1956	2	2,82	2,6	2,7	3,2
1957	0	-0,61	0,22	0,47	1,4
1961	0	0,82	0,58	0,21	1,07
1966	0	-0,02	0,12	0,43	0

Принятые обозначения: y_1 – количество урожая в баллах

$\tilde{y}_1$ – количество урожая в баллах, вычисленное с помощью уравнения множественной регрессии

Литература

I. Лиепа И., Баранов О. Программа составления линейных регрессионных моделей. В сб. "Моделирование в ботанике". Уч.зап.ЛГУ им. П.Стучки, т.I22, Рига, I970.

2. Мауриньь А., Лиепа И., Дрике А. Математическая модель для прогнозирования семеношения тсуги канадской и ели сербской. В сб. "Моделирование в ботанике". Уч.зап.ЛГУ им. П.Стучки, т.I22, Рига, I970.

3. Rasiņš A. Lauksaimniecisko izmēģinājumu biometriskā analīze. Rīga, 1971.

4. Weber E. Grundriss der biologischen Statistik. Jena, 1967.

И.К.Балтаце

ВЛИЯНИЕ ГАЗО- И ПЫЛЕОБРАЗНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ ОЛАЙНСКОГО КОМПЛЕКСА НА ЛЕСНЫЕ БИОЦЕНОЗЫ В ОКРЕСТНОСТЯХ ГОРОДА ОЛАЙНЕ

За последние десятилетия значительно усилилось влияние человека на окружающую его среду. В результате изменений, вносимых человеком, происходят изменения круговорота вещества и энергии, приводящие к нарушению природных циклов и ухудшению окружающей среды.

Одним из разделов долгосрочной межправительственной и междисциплинарной программы ЮНЕСКО "Человек и биосфера" (ЧИБ), основной целью которой является разработка научного подхода к рациональному использованию и сохранению ресурсов биосферы, является изучение воздействия на окружающую среду городских индустриальных поселений. К этому разделу рекомендуемых научных исследований по програме "ЧИБ" относится и наша работа, целью которой было установить в количественном выражении эффект воздействия пылеобразных веществ и газов, выбрасываемых заводами Олайнского промышленного комплекса, на лесные биоценозы в окрестностях города Олайне.

Объектами своих исследований мы избрали сосновые насаждения. Хвойные деревья, как известно, чувствительнее к воздействию дымовых газов, чем лиственные. Чтобы установить эффект влияния на лесные биоценозы дымовых газов, выбрасываемых заводами Олайнского комплекса, нами были заложены четыре пробные площади размером в 1200 м^2. Пробные площади расположены с учетом основного направления господствующих ветров и сторон горизонта. I, II и IУ пробные площади находились примерно 0,5 км от очагов вы-

броса , по направлению господствующих ветров. Контрольная пробная площадь была заложена примерно 3,0 км от комплекса заводов по направлению, противоположному господствующему ветру.

Работа велась по методике , разработанной на кафедре ботаники Биологического факультета ЛГУ им.П.Стучки (Лиепа, 1970,1971). По этому методу определялся дополнительный прирост древесины, вызванной воздействием исследуемого фактора среды. Графически этот метод представлен на рис. I.

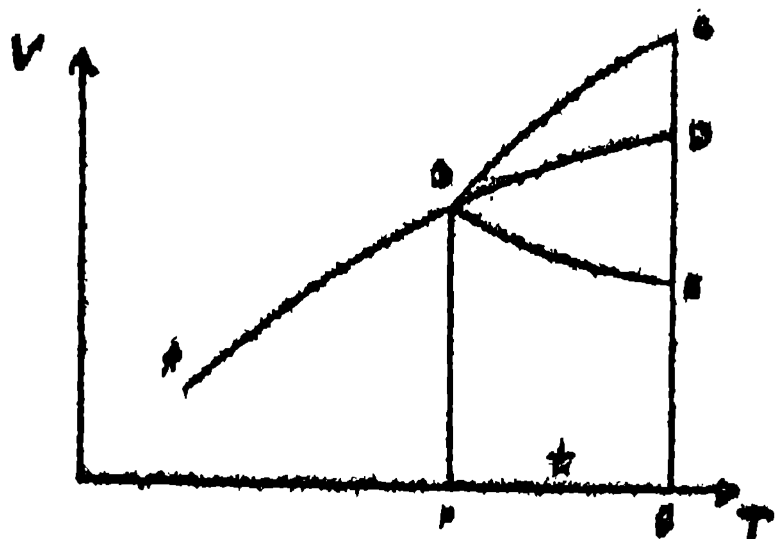


Рис.I.Принципиальная схема определения эффекта воздействия изучаемого фактора на лесной биоценоз.

Допустим, что кривая АВ (рис.I) отражает ход роста запаса древостоя до начала воздействия промышленных выбросов. Это воздействие начинается в возрасте r лет. В это время запасу древостоя соответствует отрезок rв . Если воздействие изучаемого фактора оказывает положительное влияние, то прирост древесины в дальнейшем пойдет быстрее, что на графике отражает кривая ВС. Напротив, в результате отрицательного влияния воздействия этого фактора прирост запаса замедлится (кривая ВЕ). Отрезки CD и ED соответствуют дополнительному(положительному или отрицательному) приросту запаса за промежуток времени t лет.

При этом СD соответствует положительному, а ВD – отрицательному приросту.

Соответственно дополнительный древесный прирост ΔV в м^3/га за промежуток времени t лет определяется следующим образом:

$$\Delta V = V_t - V_p \qquad (1)$$

V_t – запас наличного древостоя в конце изучаемого периода t лет в м^3/ га;

V_p – прогнозируемый запас наличного древостоя в конце периода t лет

$$V_t = kG_t (H_t + 4) \qquad (2)$$

G_t – сумма площадей сечений наличного древостоя в конце периода t;

H_t – средняя высота (в м) наличного древостоя в конце периода t .

V_p можно подсчитать как на ЭВМ, так и ручным способом. При этом используются формулы (3) и (4):

$$V_p = \alpha kG (H + 4) \qquad (3)$$

где

$$\alpha = \exp t \ln \left[1 + P_v (100 - 0,9t) 10^{-4} \right] \qquad (4)$$

P_v – процент текущего древесного прироста в начале периода t .

Для упрощения вычислительных работ значение коэффициента α определяется по специальной вспомогательной таблице (Лиепа, 1970).

При сборе эмпирического материала на пробных площадях и при вычислении необходимых показателей соблюдалась определенная последовательность.

1. Определялась G_t – сумма площадей сечений в конце периода t;
2. Вычислялся D_t – средний диаметр (в см) древостоя в конце периода t;

$$D_t = 0,02\sqrt{\frac{G_t}{\pi N}} \quad (5),$$

где N - число деревьев, соответствующих G_t

3. Определялась H_t - средняя высота (в м) древостоя в конце периода t.

4. В интервале $D_t \pm 2$-4 см у 30 деревьев на высоте груди приростным буравом Пресслера брались образцы древесины, содержащие не менее чем 10 годичных слоев перед началом воздействия исследуемого фактора. По этим образцам измерялась ширина отдельных годичных слоев и вычислялся ΔD - общий прирост диаметра в см за период t. ΔD вычислялся как средняя арифметическая. По формуле

$D = D_t - \Delta D$ (6) вычислялся D - средний диаметр в начале периода t.

5. Вычислялась G -сумма площадей сечений в начале периода t.

$$G = \frac{G_t \; D^2}{D_t^2} \quad (7)$$

6. Определялась H - средняя высота в начале периода t.

$$H = H_t - \Delta H \quad (8).$$

ΔH определялась по вспомогательной таблице (Лиепа, 1970).

7. Z_D -среднее значение текущего прироста по диаметру за период времени 10 лет перед началом воздействия промышленных дымовых газов определялось как арифметическое среднее удвоенной ширины годичных слоев древесины этого периода.

8. Процент текущего древесного прироста в начале периода t (P_v) определялся по следующим формулам

$$P_v = \frac{Z_v \; 100}{kG\;(\;H + 4\;)} \quad (9)$$

$$Z_v = kG\left[\frac{Z_D(H + 4 - 2Z_H)}{\frac{D}{2}} + Z_H\right] \quad (10)$$

$z_H = f(D, z_D)$ (по той-же таблице, как и ΔH)

z_v - текущий древесный прирост в начале периода t.

9. $P_v = P_v^! + C_v$ (11),

где C_v - коррекция процента текущего прироста, элиминирующая влияние периодических колебаний прироста за исследуемый период t. Для определения C_v по формуле (1) вычисляется ΔV для древостоя, не подверженного изучаемому фактору и имеющего такой же возраст и тип лесорастительных условий. При этом величина ΔV этого древостоя соответствует доле древесного прироста, вызванного периодическими колебаниями прироста за период t лет (за счет колебаний солнечной активности).

$$C_v = \frac{100 \Delta V}{t \; k_0 (H + 4)} \qquad (12).$$

10. По формулам (3) и (1) для каждой пробной площади определялся ΔV -дополнительный древесный прирост, вызываемый воздействием исследуемого фактора в течение периода времени t лет.

Определяя по вышеописанной методике влияние загрязнения воздуха газообразными и пылеобразными промышленными выбросами заводов Олайнского комплекса на лесные биоценозы, получены следующие результаты (таблица 1).

Как показывают данные таблицы 1, воздействие промышленных выбросов Олайнского комплекса на лесные биоценозы на всех пробных площадях оказывает отрицательное влияние. Наибольшее отрицательное влияние данный фактор оказал на древостой II пробной площади, дополнительный прирост древесины которой за период воздействия фактора оказался - 7,2 м^3/га, соответствует снижению текущего древесного прироста наличного древостоя на 17,0 %

Таблица I

Показатели влияния воздействия промышленных выбросов

Пробные площади	ΔV м^3/га	$\frac{\Delta V}{V}$·100%	$\frac{\Delta V}{Z_V}$·100%
I	- 4,8	- 2,0	- II,5
II	- 7,2	- 3,6	- I7,0
IУ	- I,4	- 0,6	- I,6

Наименьший отрицательный прирост древостоя за время воздействия данного фактора на биоценоз оказался на IУ пробной площади - I,4 м^3/га, что соответствует снижению текущего древесного прироста наличного древостоя на I,6 %. Прирост древостоя на I пробной площади -4,8 м^3/га, а уменьшение текущего древесного прироста наличного древостоя соответственно на II,50 %. Потери древесины под воздействием промышленных выбросов Олайнского комплекса составляют 0,6 - 3,6 % запаса сосновых древостоев. Такие потери незначительны для лесного хозяйства, но резкое уменьшение величины текущего древесного прироста является достоверным показателем того, что в будущем потери древесины увеличатся. Это, конечно, не главное. Учитывая исключительно важное народнохозяйственное значение Олайнского промышленного комплекса, потери древесины волнений не вызывают. Но это свидетельствует о загрязнении воздуха, и таким образом являются убедительным сигналом для специалистов здравоохранения и указывают на необходимость совершенствования фильтрующих установок на этих заводах.

Литература

I. Лиепа И. К оценке эффекта воздействия на лесной биоценоз. В сб."Моделирование в ботанике" Уч.зап.ЛГУ им.П.Стучки,т.I22,Рига,I970.

2. Лиепа И. Я. Прогноз запаса и определение эффекта воздействия на лесной биоценоз. В сб."Количественные методы анализа растительности" II. Рига,I97I.

Г.Е.Поспелова

О ПРОГРАММИРОВАНИИ РЕТРОСПЕКЦИИ ДИНАМИКИ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕСНЫХ БИОЦЕНОЗОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОГНОЗА

Для прогнозирования лесохозяйственных мероприятий необходимо знать динамические таксационные показатели лесных биоценозов. В таких исследованиях существенное место занимает метод ретроспективного анализа. Ретроспективный анализ восстанавливает картину хода роста наличного древостоя и тем самым помогает на примере таких таксационных показателей, как текущий прирост по диаметру, высоте и запасу древостоя определить влияние на него факторов среды. Метод позволяет сравнить ход роста наличного древостоя в естественных условиях среды и в условиях лесохозяйственных мероприятий; при этом исследуется существенность и удельный вес воздействия как отдельных факторов, так и целых их групп.

Для сбора эмпирического материала использовались 38 пробных площадей. Ведомость начальной информации включала величину пробной площади в га, минимальную ступень толщины в см, шаг изменения ступеней толщины в см, число деревьев по ступеням толщины, число измерений высот отдельных деревьев, число образцов древесины на высоте 1,3 м (цилиндрики, взятые с помощью приростного бурава до центра ствола), возраст древостоя, данные измерений высоты и диаметра 15-20 деревьев для вычисления кривой высоты и данные измерений ширины годичных слоев у 25-30 деревьев центральных ступеней толщины ($D \pm 2$-4 см, где D -средний диаметр древостоя).

Составление программы № I ретроспективного анализа наличного древостоя потребовало предварительных исследований связи высот и диаметров. Для этого апроксимировали

различными формулами (из семейства парабол и равносторонних гипербол) эту зависимость, используя метод наименьших квадратов. Почти все кривые высот и диаметров имели максимальное приближение к параболам второго и третьего порядка, эти формулы и вошли в программу ретроспективного анализа. Степень приближения теоретической кривой высот и экспериментальной, определялась по величине квадратического отклонения $\Sigma(\Delta h)^2$. Средняя высота древостоя определялась по одной из трех формул, имеющей наименьшее кватратическое отклонение.

Динамические таксационные показатели древостоя вычислялись по алгоритму, разработанному И.Я.Лиепой(1971).

Программа № I занимает I2I0 ячеек оперативной памяти и работает при передаче управления в 0020 ячейку. Перед началом работы необходимо проверить следующие ограничения : число измерений высот и диаметров $\leq$ 30, число бурений $\leq$ 40, число ступеней толщины $\leq$ 30.

Интервал ретроспекции или число лет, за которое проводится изучение хода роста наличного древостоя, зависит от ограничения $H < L$, где L -минимальное значение средней высоты древостоя. Для хвойных пород L = I0 м, для лиственных L = I5 м. Для всего периода времени, соответствующему неравенству $H > L$, машина печатает по отдельным годам следующие показатели: среднюю высоту, средний диаметр, сумму площадей сечений, запас, распределение запаса по ступеням толщины, видовое число, коэффициент формы, текущий древесный прирост и распределение его по ступеням толщины, текущие приросты по диаметру и высоте и процент текущего древесного прироста. Кроме того, для каждого древостоя однократно печатаются возраст, полнота древостоя, число деревьев на га, величина пробной площади, число измерений высот, древесных образцов и номер объекта.

Программа № I чутко реагирует на несоблюдение ограничений включением АВОСТА по 0463 ячейке. Использование

программы № I усложняют ограниченные возможности оперативной памяти электронно-вычислительной машины (ЭВМ) БЭСМ - 2.

В результате работы программы № I вычисляется ряд таксационных показателей, отражающих развитие наличного древостоя за период ретроспекции. Это дало возможность на основании данных ретроспекции составить программу № 2 для вычислений показателей множественной регрессии, отражающей взаимосвязь между динамикой хода роста древостоя и изменениями факторов среды.

Метод множественной регрессии позволяет определить существенность и удельный вес влияния какого-либо фактора или группы факторов на лесной биоценоз, а также прогнозировать динамику его развития в зависимости от изменения как естественных факторов среды, так и различных хозяйственных мероприятий.

Программа № 2 была составлена для ЭВМ БЭСМ-4. При работе использовалась 0033 стандартная программа решения системы линейных уравнений.

Информация задавалась в виде следующей матрицы:

x_o	x_I	x_2	..	$x_к$
x_{oI}	x_{II}	x_{I2}	.	$x_{Iк}$
x_{o2}	x_{I2}	x_{22}	. .	$x_{2к}$
⋮				
x_o	$x_{I\,m}$	$x_{2\,m}$	. .	$x_{к\,m}$

где x_o - результативный признак, т.е. один из показателей хода роста наличного древостоя, например, текущий древесный прирост;

$x_I, x_2 .. x_к$ - факториальные признаки, т.е. различные факторы среды.

После определения коэффициентов a и b_j уравнения

$$x_0 = a + \sum_{j=1}^{K} b_j x_j$$

вычислялись следующие показатели множественной регрессии: коэффициент множественной корреляции, стандартное отклонение уравнения регрессии, ошибка репрезентации уравнения регрессии, коэффициент ковариации между результативным и факториальными признаками, кроме того вычислялись показатели удельного веса отдельных факторов или их групп (см. статью И.Я.Лиепа"Показатель удельного веса влияния факторов воздействия" в наст. сборнике).

Ретроспективный анализ дает возможность сопоставить во времени изменение показателей хода роста древостоя с динамикой факторов среды. Таким образом программа № I ретроспективного анализа становится неотъемлемой частью построения прогноза воздействия факторов среды на лесной биоценоз.

Программа № 2 множественной регрессии может быть использована и помимо ретроспекции в ряде областей биологии, где требуется определить влияние факторов на какой-либо процесс жизни.

Обе описанные программы, их алгоритмы, инструкции к ним и перфокарты хранятся на кафедре Ботаники Биологического факультета ЛГУ.

Литература

Лиепа И.Я. 1971, Прогноз запаса и определение эффекта воздействия на лесной биоценоз . В сб."Количественные методы анализа растительности"т.II, Рига.

В.А.Балодис

К МЕТОДИКЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА МИТОТИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ В АПИКАЛЬНОЙ МЕРИСТЕМЕ КОРНЕЙ

После возникновения от инициалей, клетки в апикальной меристеме корней проходят несколько митотических циклов и потом приступают к дифференцировке. Количество этих циклов можно вычислить исходя из следующей модели размножения клеток. Инициаль (рис.Iа), расположенная в дистальном конце продольного ряда клеток, проходит первый митотический цикл, в результате которого образуются две сестринские клетки - новая инициаль и, расположенная проксимально от нее, исходная меристематическая клетка (рис.Iб).

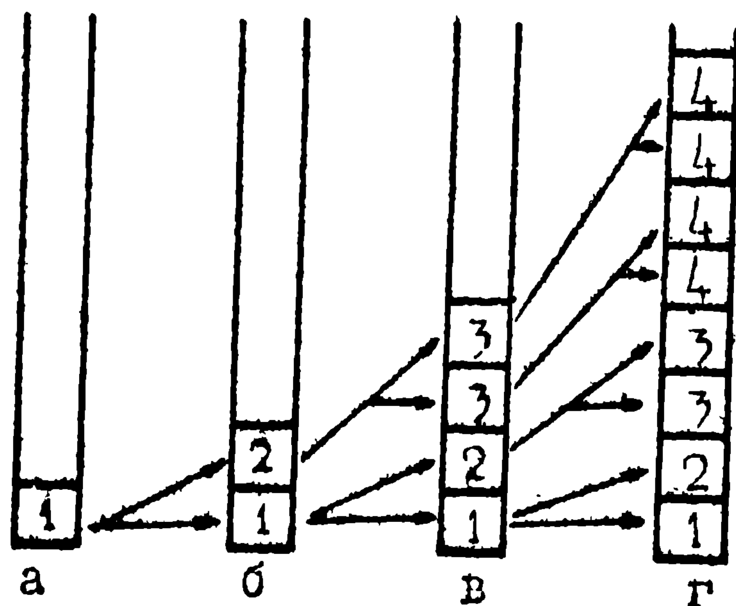


Рис.I. Схема размножения клеток в продольном ряду зоны митозов /Gonzalez-Fernandez et al, 1958/ I-4 - клетки, проходящие различные митотические циклы. а-г - зависимость количества клеток в продольном ряду от количества пройденных циклов.

Последняя вступает во второй митотический цикл, который дает две новые клетки (рис.Iв). Они проходят третий цикл, в котором образуются четыре клетки (рис.Iг). Следует четвертый цикл, который дает восемь клеток и т.д.

Из этой модели следует, что в случае, если клетки проходят η циклов, то количество пролиферующих клеток (N_d) в продольном ряду зоны митозов равно

$$N_d = 2^0 + 2^0 + 2^1 + 2^2 + . \quad .+2^{\eta-2} = 2^{\eta-1} \qquad (1).$$

Исходя из (I)

$$\eta = \log_2 (2N_d) \qquad (2).$$

На основании рассмотренной модели некоторые авторы /Erickson, Sax , 1956; Gonzales-Fernandes et al., 1968 и др./ предполагают, что величину η можно вычислить по данным об общем количестве клеток (N) в продольном ряду зоны митозов, что $N = 2N_d$ и, стало быть,

$$\eta = \log_2 N \qquad (3).$$

При этом однако не учитывается целый ряд особенностей размножения клеток в апикальной меристеме корней. Поэтому применимость (3) для вычисления η не вполне обоснована.

В предлагаемой работе рассматриваются некоторые ограничения, с которыми следует считаться при определении количества митотических циклов по данным об общем количестве клеток в продольном ряду зоны митозов. Во всех случаях проводится анализ меристем, которые находятся в "равновесном состоянии". В них с возрастом не меняется скорость размножения и роста клеток и количество клеток в каждом участке меристемы. Подобное равновесное состояние характерно для сложившихся апикальных меристем в корнях, которые растут при постоянных условиях выращивания / Erickson, Sax , 1956; Hejnowicz , 1959 и др./.

Рассмотрим меристему, в которой клетки делятся стро-

го синхронно и не отличаются друг от друга по количеству митотических циклов, которые они проходят до завершения делений. В такой меристеме количество клеток (N) в каждом продольном ряду зоны митозов меняется в течение митотического цикла. В момент окончания митотического цикла (Т) в зоне митозов находятся только делящиеся клетки, т.е $N = N_d$. В момент времени t_o соответствующему началу цикла, происходит разделение всех клеток зоны митозов. Поэтому в момент t_o количество клеток (N_o) в продольном ряду зоны митозов вдвое больше количества делящихся клеток:

$$N_o = 2N_d \qquad - \qquad (4).$$

По мере прохождения клетками митотического цикла, количество их в продольном ряду зоны митозов снова уменьшается, так как при неменяющейся длине зоны митозов увеличивается длина входящих в нее клеток. Поскольку клетки растут в длину экспоненциально, количество клеток N в любой момент митотического цикла (t) равно

$$N = \frac{N_o}{e^{Kt}} \qquad (5),$$

где К - относительная скорость роста клеток.

Исходя из (2),(4) и (5), величину η в любой момент t для меристемы, в которой клетки делятся синхронно и до окончания делений проходят одинаковое количество митотических циклов (η_1), можно вычислить по формуле

$$\eta_1 = \log_2 (N \cdot e^{Kt}) \qquad (6).$$

По (6) видно, что (3) применимо только для вычисления количества митотических циклов в момент, когда $t = 0$.

Теперь представим себе меристемы, в которых деление идет синхронно, но отдельные клетки до окончания митозов проходят различное количество митотических циклов. В таких меристемах в момент времени Т в зоне митозов

кроме делящихся клеток имеются также клетки, которые завершили деление. Пусть их количество равно N_e

Величина N_e прямо пропорциональна I) количеству клеток, которые раньше других (в цикле η') завершают деление и 2) количеству циклов, в течение которых эти клетки не участвуют в делении. Эта зависимость описывается уравнением

$$N_e = p \cdot 2^{\eta' - 1} (\eta_{max} - \eta') \qquad (7)$$

где p – доля клеток, которые завершают деление в цикле η' ;

η_{max} – максимальное количество циклов, которое клетки проходят до завершения делений.

Следовательно, в момент времени T количество клеток в продольном ряду зоны митозов (N_T) для этих случаев равно

$$N_T = N_d + p\, 2^{\eta' - 1} (\eta_{max} - \eta') \qquad (8).$$

В начале митотического цикла каждая пролиферующая клетка удваивается и поэтому в момент времени t_0 количество клеток в продольном ряду зоны митозов (N_{t_0}) будет

$$N_{t_0} = 2N_d + p\, 2^{\eta' - 1} (\eta_{max} - \eta') \qquad (9)$$

В течение митотического цикла происходит уменьшение количества клеток в продольном ряду зоны митозов, так как увеличивается длина клеток. Исходя из (4),(5) и (9), в любой момент митотического цикла t величину N можно вычислить по уравнению

$$N = \frac{2N_d}{e^{Kt}} + p \cdot 2^{\eta' - 1} (\eta_{max} - \eta') \qquad (10).$$

По (2) и (10) количество митотических циклов, которое клетки в среднем проходят до завершения делений равно

$$\eta = \log_2 \left[\frac{N - p \cdot 2^{\eta' - I} \, (\eta_{max} \quad \eta)}{e^{Kt}} \right] \qquad (II).$$

Уравнение (II) является общим для всех рассмотренных меристем с синхронным делением клеток. Понятно, что (3) является лишь частным случаем (II).

Частным случаем меристем, в которых клетки делятся синхронно, можно считать меристемы с асинхронным делением клеток. Представим себе бесконечное множество меристем с синхронным делением клеток и условимся, что в любой момент времени каждая отдельная меристема находится в своем, отличающемся от других меристем системы, моменте времени t митотического цикла. Усредненная меристема этой системы соответствует меристеме, в которой деление клеток протекает асинхронно. Усреднив количество клеток в продольном ряду зоны деления всех отдельных меристем системы, получим величину N для разбираемой асинхронной системы (N_ξ). Ясно, что эта величина N_ξ постоянна во времени и соответствует количеству клеток в продольном ряду зоны деления одной из исходных синхронных меристем, которая находится в моменте митотического цикла

Величину ξ можно вычислить по (5) на основе теоремы Ланграньжа:

$$\frac{N_0 \dfrac{1}{e^{KT}} - N_0 \dfrac{1}{e^{Kt_0}}}{T - t_0} = N_0 \left(\frac{1}{e^{K\xi}} \right)' \qquad (I2).$$

Поскольку $t_0 = 0$ и при экспоненциальном росте клеток $KT = \ln 2$ / Evans et al.,I957/, то

$$\xi = \frac{\ln 0,7}{-K} \qquad (I3)$$

По (5) и (I3) величина N_ξ равна

$$N_\xi = N_0 \frac{1}{e^{K\xi}} = 0,7\ N_0 \qquad (14).$$

Далее по (2), (4) и (14) можно найти формулу для вычисления величины η в асинхронно делящейся меристеме (η_ξ)

$$\eta_\xi = \log_2 \left[\frac{N - p\ 2^{\eta' - 1}\ (\eta_{max} - \eta')}{0,7} \right] \qquad (15)$$

По (15) видно, что (3) является только частным случаем для вычисления величины η также для меристем, в которых деление клеток идет асинхронно.

Литература

1. Erickson R.O. and Sax K.B., 1956. Rates of cell division and cell elongation in the growth of the primary root of Zea mays. Proc.Amer.philos.soc., 100:499-514.
2. Evans H.J., Neary G.J. and Tonkinson S.M., 1957. The use of colchicine as an indicator of mitotic rate in broad bean root meristems. J. genet., 55 487-502.
3. Gonzalez-Fernandez A., Lopez-Saez J.F., Moreno P. and Gimenez-Martin G., 1968. A model for dynamics of cell division cycle in onion roots. Protoplasma, 65:263-276.
4. Hejnowicz Z., 1959. Growth and cell division in the apical meristem of wheat roots. Physiol.plant., 12: 124-138.

СОДЕРЖАНИЕ

А.М.Мауринь. Прогнозирование в ботанике 3
А.М.Мауринь, Б.Н.Тардов. Об основных понятиях научного прогнозирования и их применении в биологии 10
Б.Н.Тардов. Процесс прогнозирования открытий 24
И.Я.Лиепа. Показатель удельного веса влияния факторов воздействия 36
И.Я.Лиепа, Х.А.Мауриня, Г.Е.Поспелова. Математическая модель физиологического нуля в отношении температуры для прогнозирования результатов интродукции растений 41
А.М.Мауринь. Значение выявления критических периодов в развитии биологической системы для прогноза ее качественных изменений 52
А.Я.Дрике. Степень соответствия прогноза урожая семян хвойных экзотов в зависимости от способа трансформации эмпирического материала ...58
И.К.Балтаце. Влияние газо- и пылеобразных промышленных выбросов Олайнского комплекса на лесные биоценозы в окрестностях города Олайне 63
Г.Е.Поспелова. О программировании ретроспекции динамики таксационных показателей лесных биоценозов для целей прогноза 70
В.А.Балодис. К методике вычисления количества митотических циклов в апикальной меристеме корней 74

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В БОТАНИКЕ

Ученые записки, том 153

Редактор М.Авена
Корректор А.Дрике

Подписано к печати 16/XI 1971 ЯТ 13222 Зак. № 758.
Ф/б. 60х84/16. Газетная. Физ.п.л. 5,3. Уч.-и.л. 3,8
Тираж 500 экз. Цена 38 коп.

Отпечатано на ротапринте, Рига-50, ул.Вейденбаума,5
Латвийский государственный университет им. П.Стучки